VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV MATEMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MATHEMATICS

STATISTICKÉ MODELY ÚSPĚŠNOSTI RŮZNÉ TECHNIKY KOPŮ V RUGBY

STATISTICAL MODELS OF SUCCESS OF VARIOUS TECHNIQUES OF RUGBY KICKING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — KATEŘINA VRBACKÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. JOSEF BEDNÁŘ, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav matematiky
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kateřina Vrbacká

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Matematické inženýrství (3901R021)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Statistické modely úspěšnosti různé techniky kopů v rugby

v anglickém jazyce:

Statistical Models of Success of Various Techniques of Rugby Kicking

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V práci bude pomocí statistických metod vyhodnocována úspěšnost kopů v rugby. Předpokládá se ověření dominantních faktorů (poloha míče, styl kopu, typ hráče) a jejich interakcí. Z matematického aparátu se předpokládá využití statistických testů o podílech a Chí-kvadrát testu nezávislosti.

Cíle bakalářské práce:

1. Stručný úvod do problému
2. Popis statistických nástrojů vhodných k řešení problému
3. Aplikace statistických nástrojů na konkrétní studentkou posbíraná data

Seznam odborné literatury:

1. Meloun, M., Militký, J.: Kompendium statistického zpracování dat. Academica, Praha, 2002.
2. Montgomery, D.,C.and Runger, G.,C.:Applied Statistics and Probability for Engineers. John Wiley & Sons, 2010.
3. Anděl, J.: Základy matematické statistiky. MATFYZPRESS, Praha, 2005.
4. Minitab User‘s Guide 2: Data Analysis and Quality tools. USA, 2000.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Bednář, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 21.11.2014

L.S.

prof. RNDr. Josef Šlapal, CSc. Ředitel ústavu	doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D. Děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá testováním statistických hypotéz a jejich praktickým využitím. Statisticky modelujeme úspěšnost kopu v rugby a zkoumat dominantní faktory (poloha míče, styl kopu, typ hráče) a jejich interakce. Z matematického aparátu využijeme Chí-kvadrát test nezávislosti a logistickou regresi. Výsledný model zpracujeme v softwaru MINITAB. Výsledkem práce pak bude přesný popis dané situace.

Abstract

This bachelor thesis is dealing with the testing of statistical hypothesis and their practical use. We model the success of rugby kicking and analyze the dominant factors (ball position, kicking technique, player) and their interactions. We will use some mathematical terms such as chi-square test of independence and logistic regression. The final model will be processed by software MINITAB. The outcome from this thesis will be the exact description of this situation.

Klíčová slova

rugby, kop, statistický model, dominantní faktor, chí-kvadrát test, logistická regrese

Keywords

rugby, kick, statistical model, dominant factor, chi-square test, logistic regression

Bibliografická citace

VRBACKÁ, K. *Statistické modely úspěšnosti různé techniky kopů v rugby*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 54 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Josef Bednář, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením pana Ing. Josefa Bednáře, Ph.D.

. . . .
Kateřina Vrbacká
25.května 2015

Poděkování

Chtěla bych poděkovat panu Josefu Bednářovi za jeho cenné připomínky a rady při psaní mé práce a za pomoc při finálních úpravách. Dále chci poděkovat hráčům JIMI Rugby Clubu Vyškov, konkrétně Martinu Kovářovi, Lukáši Chalabalovi, Adamu Souralovi a Davidu Šenkovi za hodiny ztrávené na hřišti při získávání potřebných dat.

Obsah

1 Úvod

Statistika je nedílnou součástí našeho každodenního života. Na tento fakt však většina lidí zapomíná nebo si ho neuvědomuje.

Při odchodu z domu přemýšlíme, zda bude pršet a máme si vzít deštník. Při cestě v MHD doufáme, že náš autobus nebude mít příliš velké zpoždění. Ve zprávách a novinách každý den vídáme grafy a tabulky, informující nás o porodnosti, růstu nezaměstnanosti nebo průměrném platu. Všechny tyto situace jsou velmi dobře popsatelné právě díky různým statistickým metodám a programům.

Obrovské využití má statistika také ve sportu. Můžeme se s ní setkat při sázení na vybrané zápasy nebo duely, při odhadování vrcholu výkonnosti sportovce nebo při modelování daných sportovních situací. V této práci se zaměříme na konkrétní sport a konkrétní situaci - kopání na branku v rugby.

Tuto situaci jsem vybrala záměrně z několika důvodů. Je dobře statisticky popsatelná, můžeme sledovat závislosti mezi jednotlivými ovlivňujícími faktory (styl kopu, poloha míče...) a také má obrovský význam pro hru, jako takovou. Rugby na vrcholové úrovni (ať už světové nebo republikové) je velmi vyrovnaná hra a velmi často dochází k těsným vítězstvím - takzvaně ,,o prokop". Zápasy často rozhodují kopáči a jejich úspěch či neúspěch při jednotlivých kopech. Popsání této situace může být proto velice přínosné.

2 Teoretická příprava

2.1 Testování statistických hypotéz

Statistická hypotéza H_0 je tvrzení o vlastnostech rozdělení pravděpodobnosti pozorované náhodné veličiny X s distribuční funkcí *F(x,ϑ)* nebo náhodného vektoru (X, Y) se simultální distribuční funkcí *F(x,y,ϑ)* apod. Postup, jímž ověřujeme danou hypotézu, se nazývá **test statistické hypotézy**.

Proti testované hypotéze H_0, nazývané také **nulová hypotéza**, stavíme tzv. **alternativní hypotézu** H_A, kterou volíme podle požadavků úlohy.

Jestliže H_0 je hypotéza, že parametr ϑ má hodnotu ϑ_0, píšeme

$$H_0 : \vartheta = \vartheta_0.$$

Případ

$$H_A : \vartheta \neq \vartheta_0$$

je **dvoustranná** alternativní hypotéza a

$$H_A : \vartheta > \vartheta_0 \text{ respektive } H_A : \vartheta < \vartheta_0$$

je **jednostranná** alternativní hypotéza.

Hypotéza může být **jednoduchá**, jestliže uvažujeme jedinou hypotetickou hodnotu $\vartheta = \vartheta_0$ anebo naopak **složená**, např. $\vartheta \neq \vartheta_0$.

Dále rozdělujeme hypotézy na **parametrické**, kdy jde tvrzení o parametrech pozorované náhodné veličiny X a na **neparametrické**, kdy jde o tvrzení o kvalitativních vlastnostech této náhodné veličiny.

Alternativní hypotézy H_A se někdy označují symboly H_1, H_2.

Pro testování hypotézy $H_0 : \vartheta = \vartheta_0$ proti nějaké zvolené alternativní hypotéze H_0 se konstruuje vhodná statistika

$$T(X_1, ..., X_n),$$

tzv. **testové kritérium**.

Obor hodnot testového kritéria $T(X_1, ..., X_n)$ se za předpokladu, že platí hypotéza $H_0 : \vartheta = \vartheta_0$ rozdělí na dvě disjunktní podmnožiny: **kritický obor** W_α a jeho doplněk $\overline{W}_\alpha$.

Kritický obor W_α se vzhledem k alternativní hypotéze H_A stanoví tak, aby pravděpodobnost toho, že testové kritérium $T(X_1, ..., X_n)$ nabude hodnotu z kritického oboru W_α byla α (pro diskrétní náhodnou veličinu T nejvýše α).

Číslo $\alpha > 0$ je **hladinou významnosti** testu a volíme ji blízkou nule, obvykle 0,05 nebo 0,01 . Hladina významnosti se někdy uvádí také v procentech.[3]

Dalším důležitým pojmem je tzv. **p-hodnota**. Užívá se pro rozhodování o nulové hypotéze H_0 místo porovnání hodnoty testovacího kritéria s kritickými hodnotami. P-hodnota je pravděpodobnost, s jakou testovací statistika nabývá hodnot „horších"(více svědčících proti testované hypotéze), než je pozorovaná hodnota statistiky. P-hodnota je obvyklým výstupem počítačových programů na testování hypotéz, udává mezní hladinu významnosti, při které bychom hypotézu ještě zamítali. Hypotézu H_0 zamítáme na hladině α , právě když je $p - hodnota$ menší než α. [1]

Rozhodnutí o hypotéze H_0 je založeno na následující konvenci. Jestliže tzv. **pozorovaná hodnota testového kritéria**

$$t = T(x_1, ..., x_n)$$

na získaném statistickém oboru $(x_1, ..., x_n)$ padne do kritického oboru, tedy $t \in W_\alpha$, **zamítáme** hypotézu H_0 a současně **nezamítáme** hypotézu H_A na hladině významnosti α. Jestliže naopak nepadne t do kritického oboru, tedy $t \in \overline{W}_\alpha$, **nezamítáme** hypotézu H_0 a současně **zamítáme** hypotézu H_A na hladině významnosti α.

Nezamítnutí hypotézy H_0, respektive H_A, neznamená prokázání její platnosti, neboť jsme na základě realizace náhodného výběru získali pouze informace, které nestačí na její zamítnutí. Je-li to možné, je vhodné před **přijetím** dané hypotézy zvětšit rozsah statistického souboru a znovu hypotézu H testovat.

Při testování hypotézy H_0 mohou nastat čtyři možnosti. Jestliže zamítáme neplatnou hypotézu anebo nezamítáme platnou hypotézu, je vše v pořádku. Při rozhodnutí o hypotéze H_0 na základě testu se můžeme dopustit jedné ze dvou chyb:

1. **Chyba prvního druhu** nastane, jestliže hypotéza H_0 platí, avšak $t \in W_\alpha$, takže hypotézu H_0 zamítáme. Pravděpodobnost této chyby je hladina významnosti

$$\alpha = P(T \in W_\alpha / H).$$

2. **Chyba druhého druhu** nastane, jestliže hypotéza H_0 neplatí, avšak $t \notin W_\alpha$, takže hypotézu H_0 nezamítáme. Pravděpodobnost této chyby je

$$\beta = P(T \notin W_\alpha / H_A)$$

a pravděpodobnost

$$1 - \beta = P(T \in W_\alpha / H_A)$$

je tzv. **síla testu**.

H	PLATÍ	NEPLATÍ
ZAMÍTÁME	chyba 1. druhu	—
NEZAMÍTÁME	—	chyba 2. druhu

Tabulka 2.1: *Možné varianty při testování hypotézy H.*

Hladina významnosti, tj. pravděpodobnost chyby prvního druhu α má ten praktický význam, že při mnoha opakovaných realizacích náhodného výběru (řádově v tisících) a současné platnosti testované hypotézy H_0 se v přibližně 100α % testech této hypotézy zmýlíme, tedy zamítneme platnou hypotézu. Podobně když hypotéza H_0 neplatí, se v přibližně 100β % testech mýlíme a nezamítneme ji. Snížením hladiny významnosti α se při nezměněném rozsahu statistického souboru n zvýší β a naopak, takže pro zvolenou hladinu významnosti α zajišťujeme snížení β zvýšením rozsahu n. Riziko chyb prvního i druhého druhu nelze v reálných úlohách eliminovat, pouze je můžeme snížit. [3]

Celý proces testování statistických hypotéz můžeme tedy shrnout do několika kroků.

1. **Oblast zájmu:** Z kontextu problému vybereme, co nás zajímá.
2. **Nulová hypotéza H_0:** Definujeme nulovou hypotézu H_0.
3. **Alternativní hypotéza H_A:** Specifikujeme vhodnou alternativní hypotézu H_A.
4. **Testová statistika:** Vybereme vhodnou testovou statistiku.
5. **Zamítnutí H_0:** Definujeme zamítnuté kritérium pro nulovou hypotézu.
6. **Výpočty:** Vypočítáme potřebné vzorové množství, které dosadíme do statistického testu a dojdeme k výsledku.
7. **Závěr:** Rozhodneme, zda má být H_0 zamítnuta nebo ne a pojednáme o daném problému.

Tento postup se běžně aplikuje při řešení praktických problémů. Před samotným testováním je velmi důležité všechny body pečlivě promyslet. Není nutností vždy dodržet všech sedm kroků, ale je dobré se ho držet alespoň rámcově.[5]

2.2 Testy hypotéz o parametru binomického rozdělení

Pokud se zamyslíme nad problematikou kopů, dojdeme k závěru, že vyhodnocovat budeme fakt, zda hráč branku prokopl či nikoliv. Jedná se tedy o náhodnou veličinu X, udávající počet nastoupení sledovaného jevu (,,prokopu") v posloupnosti n vzájemně nezávislých pokusů. Zvolíme tomu odpovídající rozdělení (diskrétní) tzv. **Binomické rozdělení** $Bi(n, p)$, kde n je přirozené číslo, p je reálné číslo, $0 < p < 1$, které má pravděpodobnostní funkci

$$p(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}, x = 0, 1, ..., n.$$

Při testování hypotézy $H_0 : \vartheta = \vartheta_0$ jde o test hypotézy, že podíl prvků ϑ_0 základního souboru má sledovanou vlastnost. Uvedeme pouze testová kritéria pro dvoustranné alternativní hypotézy, neboť testy hypotéz pro jednostranné alternativní hypotézy se odlišují pouze tím, že mají jednostranné kritické obory a odpovídající kritické hodnoty.

Test hypotézy$H_0 : \vartheta = \vartheta_0$.
Pozorovaná hodnota testového kritéria pro $n > 30$ je

$$t = \frac{\frac{x}{n} - \vartheta_0}{\sqrt{\frac{\vartheta_0(1-\vartheta_0)}{n}}}$$

a doplněk kritického oboru

$$\overline{W}_\alpha = \left\langle -u_{1-\alpha/2}; u_{1-\alpha/2} \right\rangle,$$

kde $u_{1-\alpha/2}$ je $(1 - \alpha/2)$-kvantil normálního rozdělení $N(0, 1)$, jehož hodnoty lze získat ze statistických tabulek. Uvedený test je pouze přibližný, avšak jeho přesnost je pro velká n v praktických úlohách obvykle postačující.

V softwaru MINITAB, který budeme používat v praktické části práce se užívá Fischerův exaktní test. Díky němu můžeme zrušit aproximaci Normálního rozdělení a dále pracovat s rozdělením Binomickým.

Test hypotézy$H_0 : \vartheta_1 = \vartheta_2$.

U tohoto testu předpokládáme, že pozorováním dvou nezávislých náhodných veličin X, Y s parametry ϑ_1, ϑ_2 byly získány realizace vzájemně nezávislých náhodných výběrů s rozsahy n_1, n_2 a počty x, y prvků se sledovanou vlastností.

Pozorovaná hodnota testového kritéria za předpokladu $n_1 > 50$ a $n_2 > 50$ je

$$t = \frac{\frac{x}{n_1} - \frac{x}{n_2}}{\sqrt{\overline{f}(1-\overline{f})}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}$$

pro

$$\overline{f} = \frac{x+y}{n_1+n_2}$$

a doplněk kritického oboru

$$\overline{W}_\alpha = \left\langle -u_{1-\alpha/2}; u_{1-\alpha/2} \right\rangle,$$

kde $u_{1-\alpha/2}$ je $(1-\alpha/2)$-kvantil normálního rozdělení $N(0,1)$, jehož hodnoty lze získat ze statistických tabulek. Uvedený test je pouze přibližný, avšak jeho přesnost je pro velké rozsahy n_1, n_2 v praktických úlohách obvykle postačující.[3]

2.3 Chí-kvadrát testy

Chí-kvadrát testy jsou založeny na pozorování rozdílnosti mezi naměřenými četnostmi a četnostmi ideálními. K pozorování těchto četností užíváme **kontingenční tabulku** (pro kvalitativní znaky) nebo **korelační tabulku** (pro znaky kvantitativní), do které zaznamenáváme pozorované četnosti n_{ij}, řádkové četnosti $n_{i.}$ a sloupcové četnosti $n_{.j}$. Ve všech těchto případech značí indexy i a j i-tý řádek a j-tý sloupec tabulky.

Chí-kvadrát test nezávislosti (Pearsonův test nezávislosti)

Tento test patří mezi neparametrické metody, což znamená, že nevyžaduje znalost rozdělení zkoumaných statistických proměnných. Při tomto testu definujeme hypotézy

H_0: Sledované znaky jsou nezávislé.

H_A: Sledované znaky jsou závislé.

Před samotným testováním je třeba zkonstruovat **teoretické četnosti**

$$e_{ij} = \frac{n_{i.} n_{.j}}{n^2},$$

které by tabulka při stejných okrajových četnostech obsahovala v případě nezávislosti sledovaných znaků. Testové kritérium je pak založeno na rozdílu $n_{ij} - e_{ij}$:

$$K = \sum_{i=1}^{r} \sum_{j=1}^{c} \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}},$$

kde r značí počet řádků a c počet sloupců kontingenční tabulky (řádek a sloupec s marginální četností nezapočítáváme).

Testové kritérium K má při platnosti hypotézy H_0 a za předpokladu, že všechny e_{ij} jsou větší než 1 a alespoň 80 procent z nich je větší než 5, přibližně rozdělení chí-kvadrát o ν stupních volnosti, přičemž $\nu = (r-1)(c-1)$.

Hypotéza H_0 o nezávislosti se pak zamítá na hladině významnosti α, je li

$$K \geq \chi^2_{1-\alpha;(r-1)(c-1)},$$

tj. překročí-li hodnota testového kritéria $100(1-\alpha)\%$-ní kvantil rozdělení χ^2 s počtem stupňů volnosti $\nu = (r-1)(c-1)$. [6]

Z tohoto testu pak vychází další z chí-kvadrát testů - test o rozdělení. Vzhledem k tomu, že testy o parametrech binomického rozdělení závisejí na tvaru pozorovaných rozdělení, je zapotřebí testovat, zda pozorovaná náhodná veličina (náhodný vektor) má předpokládané rozdělení. K tomu využijeme následující test hypotéz o rozdělení, který se také nazývá test dobré shody.

Chí kvadrát test o rozdělení (Pearsonův test dobré shody)

Testujeme hypotézu H_0, že pozorovaná náhodná veličina X má distribuční funkci $F(x)$, proti alternativní hypotéze H_A, že X nemá distribuční funkci $F(x)$. Roztřídíme získaný statistický soubor $(x_1, ..., x_n)$ do m tříd s četnostmi f_j a vypočteme teoretické absolutní četnosti

$$\tilde{f}_j = n\left(F(x_j^+) - F(x_{j-1}^+)\right)$$

pro $j = 1, ...m$, kde x_{j-1}^+ značí pravý koncový bod j-té třídy, přičemž klademe $x_0^+ = -\infty$ a $x_m^+ = \infty$. Statistický soubor roztřídíme tak, aby ve všech třídách byly dostatečně velké teoretické absolutní četnosti - obvykle požadujeme, aby $\tilde{f}_j > 5$. Toho lze při dostatečně velkém rozsahu n dosáhnout vhodnou volbou tříd nebo sloučením již získaných sousedních tříd. Pozorovaná hodnota testového kritéria je

$$t = \sum_{j=1}^{m} \frac{(f - \tilde{f}_j)^2}{\tilde{f}_j} = \left(\sum_{j=1}^{m} \frac{f_j^2}{\tilde{f}_j}\right) - n$$

a doplněk kritického oboru

$$\overline{W}_\alpha = \left\langle 0; \chi^2_{1-\alpha} \right\rangle,$$

kde $\chi^2_{1-\alpha}$ je $(1-\alpha)$-kvantil Pearsonova rozdělení $\chi^2(k)$ s $k = m-q-1$ stupni volnosti. Kvantily tohoto rozdělení lze získat ze statistických tabulek. Číslo q je počet parametrů hypotetického rozdělení náhodné veličiny X, které jsme nuceni odhadnout z roztříděného statistického souboru pro určení hodnot distribuční funkce $F(x)$. Uvedený test je zjednodušenou, ale obvykle používanou variantou přesného testu chí-kvadrát.[3]

3 Popis problému

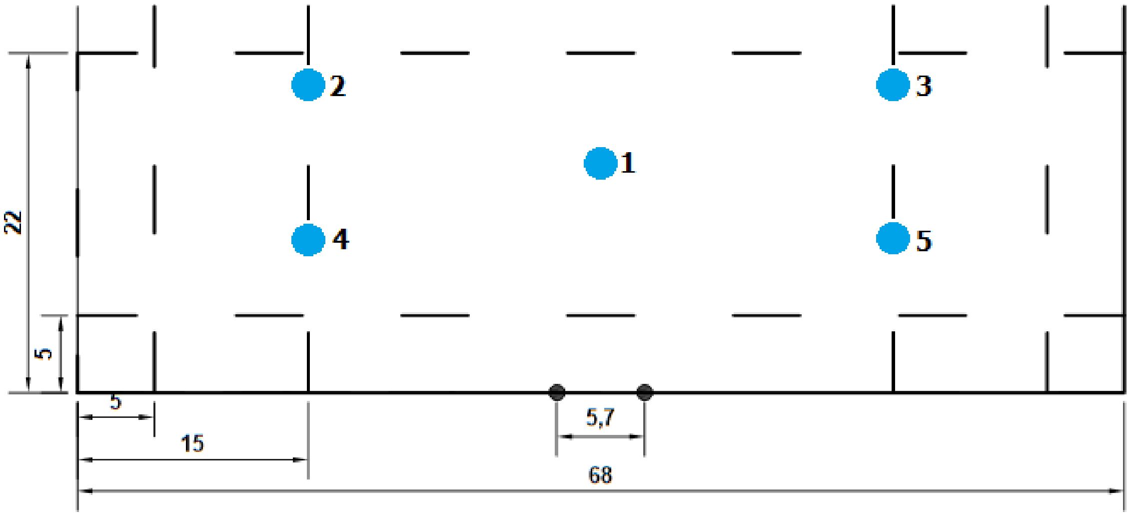
V této kapitole se budeme věnovat pochopení nematematické části práce. Seznámíme se s některými ragbyovými pojmy[1], které budeme v práci používat a popíšeme si praktickou část práce.

Nejdříve jsme zvolili dominantní faktory:

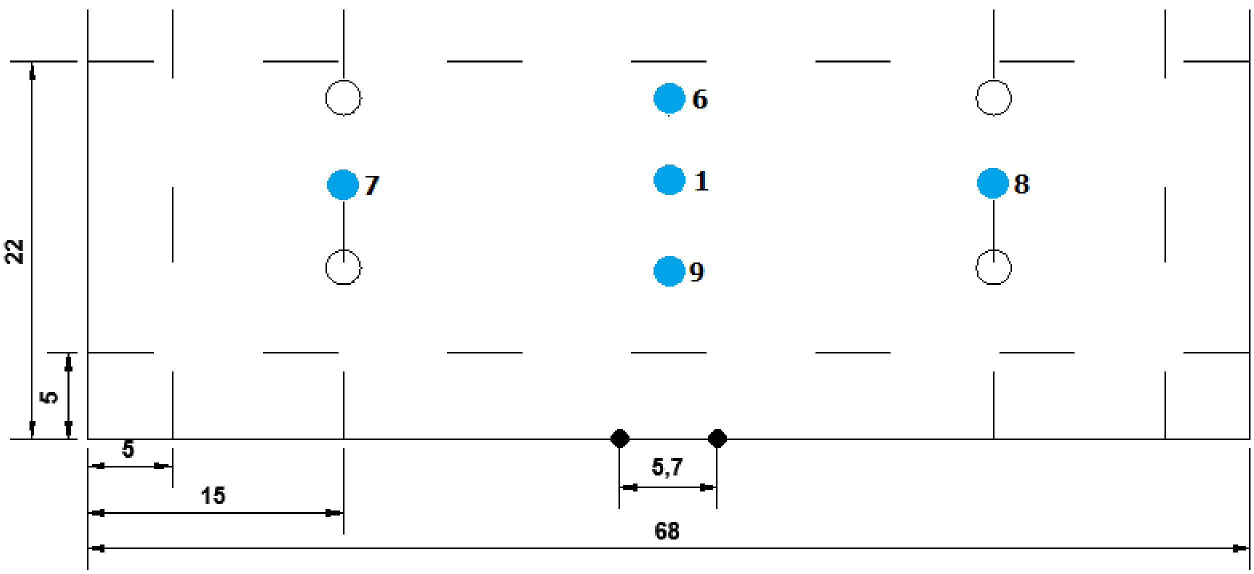
- Styl kopu
- Typ hráče
- Poloha X
- Poloha Y

Dále bylo nutné rozmyslet potřebné množství dat a jednotlivé varianty daných faktorů. Pro pokus jsme vybrali čtyři hráče a tím jsme také definovali faktor Typ hráče (budeme značit A, B, C, D). Styl kopu byl definován pravidly: KPP [2] a drop[3]. Varianty polohy X a Y jsme určili dle obrázků 3.1 a 3.2 po konzultaci s kopáči[4] tak, aby umožňovaly co nejlepší projevení závislostí s ohledem na místa, kde jsou kopy nejčastěji prováděny. Středem souřadného systému se stala poloha 1, ležící 15 metrů od brankové čáry[5] a 34 metrů od obou pomezních čar[6]. Další body byly vzhledem ke středu 1 zvoleny ve vzdálenosti x= $\pm$ 19 metrů a y= $\pm$ 5 metrů. Samotné kopání jsme pak rozdělili na dvě fáze. V první bylo nutné uskutečnit 90 kopů pro určení lineárních a interakčních členů (z míst $2, 3, 4, 5$ vždy po 10ti kopech od každého stylu, z místa 1 pak od každého stylu 5 kopů). V druhé 50 kopů pro určení kvadratických členů vzdáleností X a Y (z míst $1, 6, 7, 8, 9$ vždy po 5ti kopech od každého stylu).

[1] Podrobná pravidla k pročtení v [2].
[2] Kop po pětce. Druh kopu, kdy hráč kope do nehybného míče na malém podstavci.
[3] Druh kopu, kdy míč může být odkopnut až po odrazu od země.
[4] Kopáč - hráč provádějící kop na branku.
[5] Čára vymezující konec hrací plochy, na níž se nachází branka.
[6] Čára vyznačující aut.



Obrázek 3.1: *Rozmístění kopů v 1. fázi.*



Obrázek 3.2: *Rozmístění kopů v 2. fázi.*

Po definování všech podmínek jsme v softwaru MINITAB vygenerovali záznamové tabulky pro hráče. Pořadí kopů bylo znáhodněno, čímž jsme zamezili vzájemnému ovlivnění jednotlivých kopů. To by mohlo nastat, pokud bychom nechali kopáče kopat po sobě více kopů ze stejného místa nebo stejným stylem.

Tabulky se získanými daty jsou k dispozici v příloze *A*.

4 Statistický model

Nyní můžeme začít se samotným testováním dat a modelováním. Nejdříve si pro hrubou orientaci vypočítáme úspěšnosti jednotlivých kopáčů a úspěšnost celkovou. Tato data si znázorníme v jednoduché tabulce. S úspěšností budeme dále pracovat i v softwaru MINITAB.

	Hráč **A**	Hráč **B**	Hráč **C**	Hráč **D**	**CELKEM**
KPP	71%	84%	70%	83%	**77%**
drop	59%	41%	47%	80%	**57%**
CELKEM	**65%**	**63%**	**59%**	**81%**	**67%**

Tabulka 4.1: *Úspěšnost jednotlivých hráčů a celková úspěšnost*

Následně provedeme Chí-kvadrát testy a zjistíme tak základní závislosti. Pro zlepšení představy o průběhu závislosti pak použijeme logistickou regresi (více o logistické regresi v [4]).

4.1 Chí kvadrát testy nezávislosti

Pro výpočet Chí-kvadrát testu nezávi- slosti využijeme software MINITAB. Ověříme si nezávislost úspěšnosti kopu na faktoru hráč. Hypotézy H_0 a H_A tedy volíme takto:

H_0= Úspěšnost kopu nezávisí na hráči.

H_A= Úspěšnost kopu závisí na hráči.

Po otestování v softwaru dostaneme jako výstup následující tabulku (obrázek 4.1).

Pokud se nejdříve zaměříme na hodnoty v jednotlivých buňkách tabulky, zjistíme četnosti ($Count$), teoretické četnosti($Expected\ Count$) a hodnotu testového kritéria ($Contribution\ of\ Chi-square$). Po sečtení hodnot testového kritéria ze všech buněk dostaneme hodnotu celkovou.

P-hodnota tohoto testu je rovna nule. Hypotézu o nezávisloti zamítáme na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, tedy úspěšnost alespoň jednoho hráče je rozdílná.

Chi-Square Test for Association: ÚSPĚŠNOST; hráč

```
Rows: ÚSPĚŠNOST   Columns: hráč

             A       B       C       D  All

A           50      55      46      72  223
         55,75   55,75   55,75   55,75
        0,5930  0,0101  1,7052  4,7365

N           40      35      44      18  137
         34,25   34,25   34,25   34,25
        0,9653  0,0164  2,7755  7,7099

All         90      90      90      90  360

Cell Contents:      Count
                    Expected count
                    Contribution to Chi-square


Pearson Chi-Square = 18,512; DF = 3; P-Value = 0,000
Likelihood Ratio Chi-Square = 19,589; DF = 3; P-Value = 0,000
```

Obrázek 4.1: *Chí kvadrát test nezávislosti: úspěšnost-hráč*

Nyní si pouze ve zkratce ukážeme výsledky chí-kvadrát testů pro jednotlivé hráče. Opět definujeme hypotézy H_0 a H_A, tentokrát následujícím způsobem:

H_0= Úspěšnost kopu nezávisí na stylu.

H_A= Úspěšnost kopu závisí na stylu.

Hypotézu H_0 zamítáme na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro hráče B a C, styl kopu je tedy významný. Hypotézu H_0 nezamítáme na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ pro hráče A a D, styl kopu tedy není významný.

Results for hráč = A

```
Rows: ÚSPĚŠNOST   Columns: styl
Pearson Chi-Square = 2,543; DF = 1; P-Value = 0,111
Likelihood Ratio Chi-Square = 2,554; DF = 1; P-Value = 0,110
```

Results for hráč = B

```
Rows: ÚSPĚŠNOST   Columns: styl
Pearson Chi-Square = 27,535; DF = 1; P-Value = 0,000
Likelihood Ratio Chi-Square = 28,860; DF = 1; P-Value = 0,000
```

Results for hráč = C

```
Rows: ÚSPĚŠNOST   Columns: styl
Pearson Chi-Square = 8,552; DF = 1; P-Value = 0,003
Likelihood Ratio Chi-Square = 8,655; DF = 1; P-Value = 0,003
```

Results for hráč = D

```
Rows: ÚSPĚŠNOST   Columns: styl
Pearson Chi-Square = 0,189; DF = 1; P-Value = 0,664
Likelihood Ratio Chi-Square = 0,189; DF = 1; P-Value = 0,664
```

Obrázek 4.2: *Chí kvadrát test nezávislosti pro jednotlivé hráče: úspěšnost-styl*

4.2 Vytvoření statistického modelu

Nyní se přesuneme k samotnému modelování. V softwaru MINITAB použijeme logistickou regresi (více v kap. 4.3) a vytvoříme první model, který bude obsahovat faktory a jejich vzájemné interakce. U faktorů X a Y navíc využijeme interakcí druhého řádu. Protože našim cílem je vytvořit model, ve kterém jsou obsažené informace statisticky významné. Textovým výstupem procedury je obrázek 4.3.

Nyní se zaměříme na výsledné p-hodnoty, které nám poslouží jako ukazatel významnosti jednotlivých členů modelu. Testovat budeme na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ jako v předchozích testech. Definujeme nulovou a alternativní hypotézu:

H_0= Sledovaný faktor či interakce je nevýznamná.

H_A= Sledovaný faktor či interakce je významná.

Nulovou hypotézu zamítáme, pokud je p-hodnota menší než $\alpha = 0,05$ a nezamítáme, pokud je p-hodnota větší než $\alpha = 0,05$.

Jako první odstraníme proměnnou Blocks [7], která nám v 1. modelu vychází jako nevýznamná. Po opětovném přepočítání vygenerujeme nový model (obrázek 4.4).

Ve druhém modelu opět vybíráme nevýznamnou proměnnou nebo interakci a sledujeme, jak se model (obrázek 4.5) změní. Budeme vždy vybírat interakci s největší p-hodnotou (tedy tu nejméně významnou). Jelikož se zabýváme hierarchickým modelem, nesmíme odstranit proměnné X,Y,hráč a styl, pokud je některá z jejich interakcí významná.

Tímto způsobem pokračujeme, dokud z modelu neodstraníme všechny nevýznamné interakce.

Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč; Blocks

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	21	152,566	7,2651	152,57	0,000
X	1	0,067	0,0669	0,07	0,796
Y	1	0,839	0,8389	0,84	0,360
styl	1	3,061	3,0606	3,06	0,080
hráč	3	31,211	10,4038	31,21	0,000
Blocks	1	1,550	1,5497	1,55	0,213
X*X	1	63,174	63,1743	63,17	0,000
Y*Y	1	1,157	1,1566	1,16	0,282
X*Y	1	4,807	4,8072	4,81	0,028
X*styl	1	2,985	2,9852	2,99	0,084
X*hráč	3	0,885	0,2951	0,89	0,829
Y*styl	1	0,389	0,3891	0,39	0,533
Y*hráč	3	2,780	0,9265	2,78	0,427
styl*hráč	3	14,321	4,7737	14,32	0,002
Error	538	556,575	1,0345		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.3: *Model 1 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Blocks*

Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	20	151,017	7,5508	151,02	0,000
X	1	0,068	0,0681	0,07	0,794
Y	1	0,850	0,8503	0,85	0,356
styl	1	3,062	3,0624	3,06	0,080
hráč	3	31,154	10,3847	31,15	0,000
X*X	1	69,198	69,1979	69,20	0,000
Y*Y	1	0,043	0,0433	0,04	0,835
X*Y	1	4,784	4,7841	4,78	0,029
X*styl	1	2,988	2,9885	2,99	0,084
X*hráč	3	0,881	0,2938	0,88	0,830
Y*styl	1	0,396	0,3960	0,40	0,529
Y*hráč	3	2,811	0,9370	2,81	0,422
styl*hráč	3	14,282	4,7606	14,28	0,003
Error	539	558,125	1,0355		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.4: *Model 2 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y*Y*

[7] Proměnná Blocks označuje 1. a 2. fázi kopání.

Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	19	150,973	7,9460	150,97	0,000
X	1	0,068	0,0676	0,07	0,795
Y	1	0,853	0,8527	0,85	0,356
styl	1	3,061	3,0614	3,06	0,080
hráč	3	31,152	10,3839	31,15	0,000
X*X	1	75,979	75,9789	75,98	0,000
X*Y	1	4,792	4,7918	4,79	0,029
X*styl	1	2,986	2,9856	2,99	0,084
X*hráč	3	0,883	0,2942	0,88	0,830
Y*styl	1	0,396	0,3962	0,40	0,529
Y*hráč	3	2,822	0,9407	2,82	0,420
styl*hráč	3	14,284	4,7613	14,28	0,003
Error	540	558,168	1,0336		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.5: *Model 3 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou X*hráč*

Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	16	150,091	9,3807	150,09	0,000
X	1	0,080	0,0801	0,08	0,777
Y	1	0,855	0,8552	0,86	0,355
styl	1	3,071	3,0714	3,07	0,080
hráč	3	31,152	10,3841	31,15	0,000
X*X	1	75,984	75,9845	75,98	0,000
X*Y	1	4,791	4,7905	4,79	0,029
X*styl	1	3,136	3,1361	3,14	0,077
Y*styl	1	0,393	0,3929	0,39	0,531
Y*hráč	3	2,837	0,9458	2,84	0,417
styl*hráč	3	14,441	4,8135	14,44	0,002
Error	543	559,051	1,0296		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.6: *Model 4 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y*styl*

Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	15	149,698	9,9799	149,70	0,000
X	1	0,074	0,0744	0,07	0,785
Y	1	0,517	0,5174	0,52	0,472
styl	1	3,116	3,1158	3,12	0,078
hráč	3	31,116	10,3720	31,12	0,000
X*X	1	75,881	75,8813	75,88	0,000
X*Y	1	4,987	4,9871	4,99	0,026
X*styl	1	3,234	3,2338	3,23	0,072
Y*hráč	3	2,726	0,9087	2,73	0,436
styl*hráč	3	14,287	4,7623	14,29	0,003
Error	544	559,444	1,0284		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.7: *Model 5 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou Y*hráč*

Po všech úpravách dostaneme finální model (obrázek 4.10) s následujícími významnými interakcemi: X*X, X*Y, styl*hráč.

Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Deviance Table

Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	12	146,972	12,2476	146,97	0,000
X	1	0,102	0,1016	0,10	0,750
Y	1	0,385	0,3850	0,39	0,535
styl	1	3,081	3,0815	3,08	0,079
hráč	3	30,972	10,3241	30,97	0,000
X*X	1	75,672	75,6721	75,67	0,000
X*Y	1	5,085	5,0853	5,09	0,024
X*styl	1	3,395	3,3947	3,39	0,065
styl*hráč	3	14,165	4,7218	14,17	0,003
Error	547	562,170	1,0277		
Total	559	709,142			

Obrázek 4.8: *Model 6 s vyznačenou nevýznamnou proměnnou X*styl*

4.3 Popis modelu

Zatím jsme se zabývali pouze tvorbou modelu a nebrali jsme v úvahu další výstupy a komentáře programu MINITAB. Nyní si však po částech popíšeme celý model a ukážeme některé grafické výstupy.

V úvodu modelu (obrázek 4.9) se seznámíme s metodou (*Method*), kterou byl model vytvořen. Vidíme, že byla využita logistická regrese (*Logit*), pro kategorické proměnné byly využity hodnoty $(1; 0)$ a celkem jsme použili 560 řádků dat. Toto číslo odpovídá počtu uskutečněných kopů. *Response Information* nám pak v krátkosti ukazuje počet úspěšných (A) a neúspěšných (N) kopů.

Binary Logistic Regression: ÚSPĚŠNOST versus X; Y; styl; hráč

Method

Link function	Logit
Categorical predictor coding	(1; 0)
Rows used	560

Response Information

Variable	Value	Count	
ÚSPĚŠNOST	A	376	(Event)
	N	184	
	Total	560	

Obrázek 4.9: *Konečný model - 1.část*

Prvním důležitým výstupem je, pro nás již známá, *Deviance Table* (obrázek 4.10). V tabulce jsou uvedeny všechny proměnné a jejich významné interakce, hodnota testové statistiky Chí-kvadrát a již zmiňovaná p-hodnota. Dále také normovaná odchylka (*Adj Dev*) a normovaná střední hodnota (*Adj Mean*).

Deviance Table

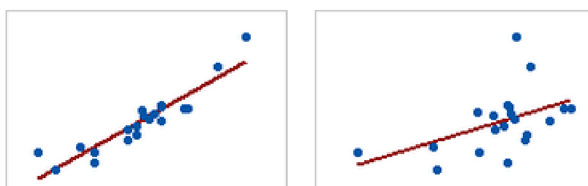
Source	DF	Adj Dev	Adj Mean	Chi-Square	P-Value
Regression	11	143,577	13,0525	143,58	0,000
X	1	1,786	1,7857	1,79	0,181
Y	1	0,262	0,2624	0,26	0,608
styl	1	2,986	2,9860	2,99	0,084
hráč	3	31,082	10,3608	31,08	0,000
X*X	1	76,492	76,4917	76,49	0,000
X*Y	1	4,926	4,9260	4,93	0,026
styl*hráč	3	14,266	4,7552	14,27	0,003
Error	548	565,565	1,0321		
Total	559	709,142			

Model Summary

Deviance R-Sq	Deviance R-Sq(adj)	AIC
20,25%	18,70%	589,56

Obrázek 4.10: *Konečný model - 2.část*

Model Summary nás pak pomocí *Deviance R-Sq* (dále R^2) informuje o celkové schopnosti modelu popsat spolehlivě danou situaci. Zjednodušeně řečeno, kolik % variability daný model popisuje. Pro lepší pochopení ilustrujeme význam R^2 hodnoty na následujícím obrázku.



Obrázek 4.11: [4] *Význam hodnoty* R^2*. vlevo:* $R^2 = 88.5\%$*, vpravo:* $R^2 = 22.6\%$

Dalším výstupem je tabulka *Coefficients* (obrázek 4.12), kde získáme koeficienty (*Coef*) k rovnicím logistické regrese. Můžeme si také všimnout sloupce *SE Coef*, kteý udává hodnotu směrodatné chyby nebo tzv. variability střední hodnoty koeficientu.

Coefficients

Term	Coef	SE Coef
Constant	2,140	0,382
X	0,00776	0,00582
Y	0,0121	0,0237
styl		
KPP	0,667	0,388
hráč		
B	-0,871	0,387
C	-0,572	0,381
D	1,188	0,411
X*X	-0,006355	0,000876
X*Y	0,00288	0,00131
styl*hráč		
KPP B	1,709	0,587
KPP C	0,572	0,551
KPP D	-0,462	0,597

Obrázek 4.12: *Konečný model - 3.část*

Tabulka *Odds Ratios* (obrázek 4.13) ukazuje šance pro jednotlivé spojité i kategorické proměnné. Šance však nejsou počítány pro proměnné, které jsou zahrnuty v interakcích. Ty totiž závisí také na hodnotách ostatních proměnných. V našem případě se jedná o všechny proměnné a proto tabulka neobsahuje žádná data.

```
Odds Ratios for Continuous Predictors

    Odds    95%
   Ratio    CI
X      *  (*; *)
Y      *  (*; *)

Odds Ratios for Categorical Predictors

                         Odds    95%
Level A     Level B     Ratio    CI
styl
  Any level  Any level      *  (*; *)
hráč
  Any level  Any level      *  (*; *)
```

Obrázek 4.13: *Konečný model - 4.část*

Nejdůležitějším výstupem, který uplatníme při grafickém zpracování dat, je rovnice regrese (*Regression Equation*). Pro jednotlivé kombinace kategoriálních proměnných styl a hráč vypočítáme pomocí koeficientů z obrázku 4.12 hodnotu Y′. To závisí, jak na již zmiňovaných koeficientech, tak na spojitých proměnných a jejich vzájemných interakcích. Po dosazení Y′ do rovnice regrese pak dostaneme danou úspěšnost.

```
Regression Equation

P(A)  =  exp(Y')/(1 + exp(Y'))


styl  hráč
drop  A     Y' = 2,140 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y

drop  B     Y' = 1,269 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y

drop  C     Y' = 1,568 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y

drop  D     Y' = 3,328 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y

KPP   A     Y' = 2,807 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y

KPP   B     Y' = 3,645 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y

KPP   C     Y' = 2,807 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y

KPP   D     Y' = 3,533 + 0,007760 X + 0,01211 Y - 0,006355 X*X + 0,002881 X*Y
```

Obrázek 4.14: *Konečný model - 5.část*

Například pro hráče C, styl *drop* bude rovnice vypadat následovně:

$$P(A) = \frac{e^{1{,}568+0{,}007760X+0{,}01211Y-0{,}006355X*X+0{,}002881X*Y}}{1+e^{1{,}568+0{,}007760X+0{,}01211Y-0{,}006355X*X+0{,}002881X*Y}}$$

Poslední část modelu (obrázek 4.15) nám ukazuje hodnoty testu Dobré shody ($Goodness-of-Fit\ Tests$) a nejvýznamnější odlehlé hodnoty ($Fits\ and\ Diagnostics\ for\ Unusual\ Observations$). Sloupec Obs udává pořadí neúspěšného kopu, sloupec Fit pak pravděpodobnost, s jakou by měl být kop úspěšný.

Goodness-of-Fit Tests

Test	DF	Chi-Square	P-Value
Deviance	548	565,56	0,293
Pearson	548	526,21	0,741

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Observed Probability	Fit	Resid	Std Resid	
21	0,0000	0,8947	-2,1219	-2,14	R
100	0,0000	0,8620	-1,9903	-2,01	R
106	0,0000	0,8620	-1,9903	-2,01	R
118	0,0000	0,8620	-1,9903	-2,01	R
364	0,0000	0,8947	-2,1219	-2,14	R
434	0,0000	0,9760	-2,7311	-2,74	R

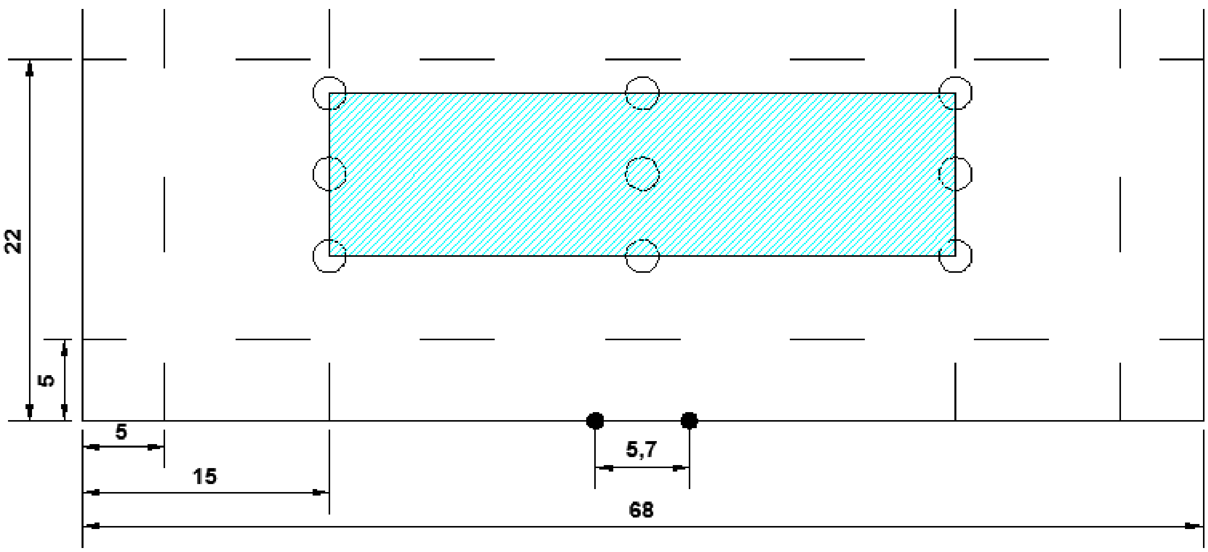
R Large residual

Obrázek 4.15: *Konečný model - 6.část*

5 Grafické výstupy

Nyní přejdeme od popisu dat do oblasti grafických výstupů. Prostředí MINITAB nám jich nabízí celou škálu. V této kapitole uvedeme jen některé z nich. V přílohách pak uvedeme kompletní grafický výstup z modelu pro jednotlivé hráče.

Je nutné zdůraznit, že se pohybujeme pouze v oblasti, jejímiž krajními body, jsou místa provedení kopů (viz obrázek 5.1). Rovnice logistické regrese platí v této oblasti a jejím ,,blízkém" okolí, nelze je však použít na celé ploše hřiště.



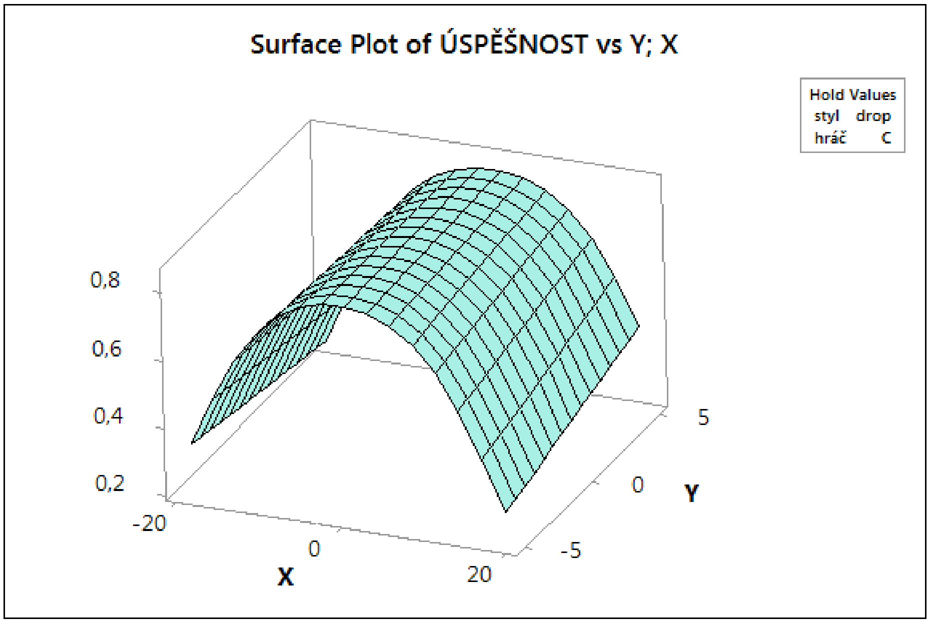
Obrázek 5.1: *Pozorovaná oblast*

5.1 Pravděpodobnostní plocha

Prvním z výstupu je tzv. $Surface$ *Plot* neboli pravděpodobnostní plocha závislosti úspěšnosti na souřadnicích X a Y. Na obrázku 5.2 názorně ukážeme tuto plochu například pro kategoriální proměnné hráč C, styl *drop*. Rovnici této plochy najdeme v kapitole 4.3.

Můžeme si všimnout významného kvadratického zakřivení plochy ve směru X a drobného natočení ve směrech X a Y.

Tento výstup je názorný, pro naše účely však nedostačující. Při čtení grafu nám jasně nevyplývají úspěšnosti ve zvolené oblasti. Vybereme tedy další z grafických výstupů - *Contour Plot*.

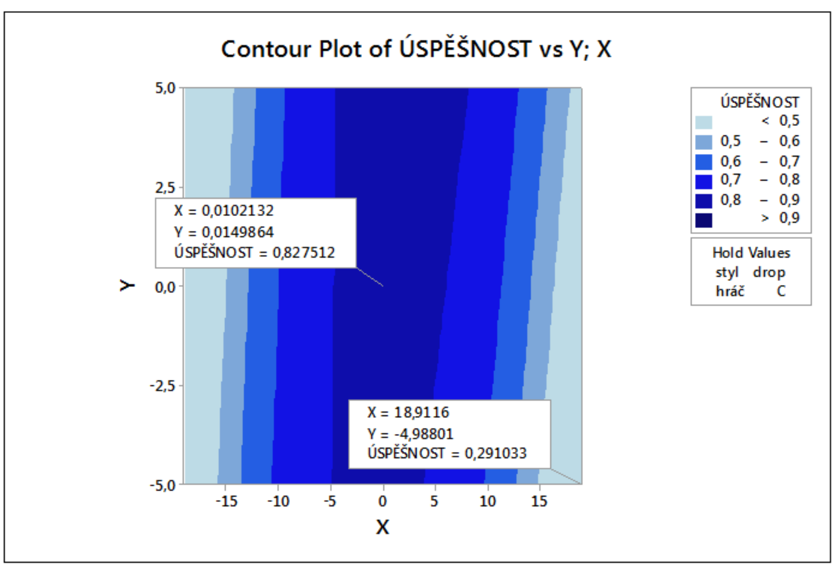


Obrázek 5.2: *Pravděpodobnostní plocha*

5.2 Vrstevnicový graf

Contour Plot neboli vrstevnicový graf nám vykreslí úspěšnost ve vybrané oblasti. Díky 2D zobrazení můžeme lépe vyčíst jednotlivé úspěšnosti, závislé na pozici X, Y. Pro názornost vybereme opět graf pro kategoriální proměnné hráč C, styl *drop*.

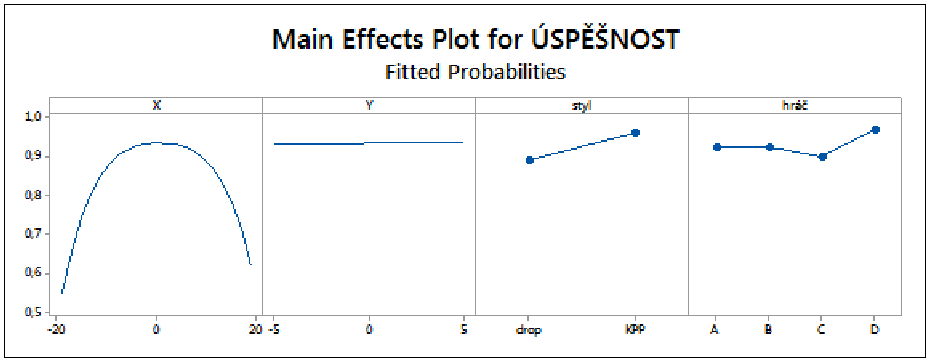
V tomto grafu si můžeme také pomocí funkce *Plant Flag* zobrazit pravděpodobnost v jakémkoli bodě. Jedinou nevýhodou této funkce je, že není možné hodnoty souřadnic X a Y přepisovat. Může se nám tedy stát, že nezískáme přesnou hodnotu. Takto vzniklé odchylky jsou však zanedbatelné.



Obrázek 5.3: *Vrstevnicový graf*

5.3 Graf hlavních efektů

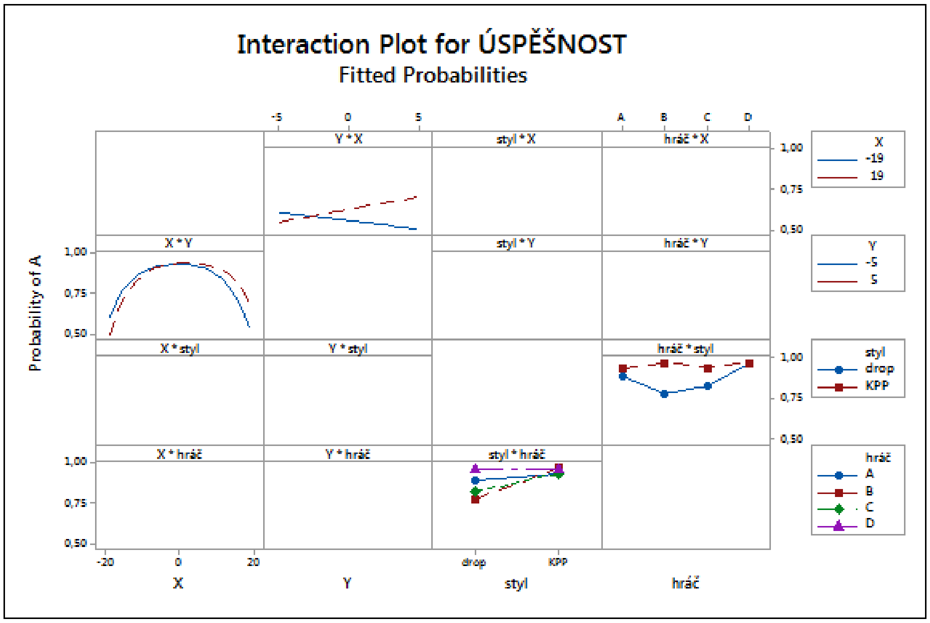
Dalším výstupem je *Main Effects Plot*. Ukazuje nám závislost úspěšnosti na jednotlivých faktorech. Můžeme si například všimnout významného vlivu proměnné X a naprosto zanedbatelného vlivu proměnné Y.



Obrázek 5.4: *Závislost úspěšnosti na proměnných*

5.4 Grafy interakcí

Na obrázku 5.5 si ukážeme závislost úspěšnosti na významných interakcích. Jelikož jsme při tvorbě modelu některé z interakcí odstranili z důvodu jejich nevýznamnosti, nejsou tyto interakce zaznamenány ani v následujících grafech.



Obrázek 5.5: *Grafy vzájemných interakcí*

6 Závěr

V úvodu této práce jsme se seznámili s teorií testování statistických hypotéz, jejíž znalost je nezbytná pro analyzování jakýchkoliv dat. Z nejdůležitějších pojmů můžeme zmínit nulovou a alternativní hypotézu, hladinu významnosti, p-hodnotu nebo Chí-kvadrát test nezávislosti.

Ve třetí kapitole jsme stručně čtenáře uvedli do problému, vysvětlili některé ragbyové pojmy a popsali způsob získávání dat. Dále jsme definovali dominantní faktory experimentu.

Ve čtvrté kapitole jsme se již zaměřili na řešení daného problému a vytvoření statistického modelu. Pro hrubou orientaci jsme do jednoduché tabulky zanesli procentuální úspěšnosti jednotlivých hráčů. Ta se pohybuje mezi 60 a 80 %. To odpovídá obecně známému tvrzení o úspěšnosti českých kopáčů, jakémusi pravidlu tzv. ,,dva ze tří". Toto tvrzení se nám v celkové úspěšnosti (67%) potvrdilo až nebezpečně přesně (viz tabulka 4.1). Musíme ho však vyvrátit, protože jsme ukázali, že úspěšnost závisí hned na několika faktorech a to jak lineárně, tak kvadraticky. Není tedy možné popsat danou situaci takto jednoduše. Dalším krokem proto bylo modelování úspěšnosti v závislosti na faktorech.

Prvním testem jsme ukázali závislost úspěšnosti na hráči. Další test jsme proto provedli zvlášť pro každého hráče. Zaměřili jsme se na úspěšnost v závislosti na stylu. U tohoto testu se nám statisticky významá závislost projevila pouze u hráčů B a C.

Protože nám opět vyšly nekonzistentní výsledky, rozhodli jsme se celou situaci popsat modelově, logistickou regresí. V prvním modelu jsme vzali v úvahu všechny faktory a jejich interakce, u faktorů X a Y navíc i interakce kvadratické. Z modelu jsme postupně odstranili nevýznamné interakce a faktory a dospěli tak k závěrečnému modelu, kde významnou roli hrají pouze faktor hráč, kvadratický člen X*X, interakce X*Y a styl*hráč. Tento model jsme pak podrobněji popsali.

V poslední kapitole jsme si ukázali základní grafické výstupy a lépe tak graficky znázornili matematický model popisující celou situaci. Tyto výstupy jsme graficky rozvedli v přílohách.

Model, i když zdaleka nepokrývá všechny faktory ovlivňující kop (vítr, déšť, povrch hřiště, atd.), je názorný a danou situaci navzdory některým odlehlým hodnotám názorně popisuje. Zakřivení ve směru X a závislost styl*hráč jsme předpokládali, nezávislost na faktoru Y je lehce překvapující. Můžeme také předpokládat, že model by se lehce změnil, pokud bychom např. rozšířili nebo zúžili danou oblast.

Reference

[1] FRIESL, Michal. *P-hodnota.* [online]. [cit. 2015-02-10]. Dostupné z: http://home.zcu.cz/ friesl/hpsb/phodn.html

[2] HAITMAN, Milan a Tomáš TŮMA. *Pravidla hry Ragby: Česká verze Pravidel ragby 2012* [online]. In: . [cit. 2015-05-14]. Dostupné z: http://www.ragby.cz/common/download/pravidla_ragby_2012.pdf

[3] KARPÍŠEK, Zdeněk. *Matematika IV: statistika a pravděpodobnost.* Vyd. 2., dopl. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003, 170 s. ISBN 80-214-2522-9.

[4] MINITAB INC. *R-squared* [online]. [cit. 2015-04-23]. Dostupné z: http://support.minitab.com/en-us/minitab/17/topic-library/modeling-statistics/regression-and-correlation/goodness-of-fit-statistics/r-squared/

[5] MONTGOMERY, D.,C.a RUNGER, G.,C. *Applied Statistics and Probability for Engineers.* John Wiley and Sons, 2010.

[6] ŠKALOUDOVÁ, Alena. *Kontingenční tabulky.* In: [online]. [cit. 2015-02-16]. Dostupné z: http://pedf.cuni.cz/kpsp/skalouda/chi_ kvadrat.doc

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam příloh

Příloha A - Vstupní data

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
63	1	1	1	A	drop	19	5	**A**
8	2	1	1	A	KPP	19	5	**N**
2	3	1	1	A	KPP	-19	-5	**N**
46	4	1	1	A	KPP	-19	5	**N**
65	5	1	1	A	drop	-19	-5	**A**
80	6	1	1	A	KPP	19	5	**N**
7	7	1	1	A	drop	19	5	**A**
20	8	1	1	A	KPP	19	-5	**N**
33	9	1	1	A	drop	-19	-5	**N**
56	10	1	1	A	KPP	19	5	**A**
29	11	1	1	A	drop	-19	5	**N**
3	12	1	1	A	drop	19	-5	**N**
9	13	1	1	A	drop	-19	-5	**N**
4	14	1	1	A	KPP	19	-5	**A**
82	15	0	1	A	KPP	0	0	**A**
40	16	1	1	A	KPP	19	5	**A**
90	17	0	1	A	KPP	0	0	**A**
25	18	1	1	A	drop	-19	-5	**A**
15	19	1	1	A	drop	19	5	**N**
53	20	1	1	A	drop	-19	5	**N**
85	21	0	1	A	drop	0	0	**N**
31	22	1	1	A	drop	19	5	**A**
87	23	0	1	A	drop	0	0	**A**
41	24	1	1	A	drop	-19	-5	**N**
1	25	1	1	A	drop	-19	-5	**A**
34	26	1	1	A	KPP	-19	-5	**A**
30	27	1	1	A	KPP	-19	5	**N**
32	28	1	1	A	KPP	19	5	**N**
81	29	0	1	A	drop	0	0	**A**
23	30	1	1	A	drop	19	5	**A**
12	31	1	1	A	KPP	19	-5	**A**
43	32	1	1	A	drop	19	-5	**N**
19	33	1	1	A	drop	19	-5	**N**
21	34	1	1	A	drop	-19	5	**N**
86	35	0	1	A	KPP	0	0	**A**
13	36	1	1	A	drop	-19	5	**A**
66	37	1	1	A	KPP	-19	-5	**N**
70	38	1	1	A	KPP	-19	5	**N**
22	39	1	1	A	KPP	-19	5	**A**
48	40	1	1	A	KPP	19	5	**A**
27	41	1	1	A	drop	19	-5	**N**
49	42	1	1	A	drop	-19	-5	**A**

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
36	43	1	1	A	KPP	19	-5	**N**
26	44	1	1	A	KPP	-19	-5	**N**
24	45	1	1	A	KPP	19	5	**A**
71	46	1	1	A	drop	19	5	**N**
5	47	1	1	A	drop	-19	5	**N**
83	48	0	1	A	drop	0	0	**A**
14	49	1	1	A	KPP	-19	5	**A**
61	50	1	1	A	drop	-19	5	**N**
11	51	1	1	A	drop	19	-5	**N**
59	52	1	1	A	drop	19	-5	**A**
69	53	1	1	A	drop	-19	5	**N**
62	54	1	1	A	KPP	-19	5	**A**
38	55	1	1	A	KPP	-19	5	**A**
18	56	1	1	A	KPP	-19	-5	**A**
35	57	1	1	A	drop	19	-5	**A**
28	58	1	1	A	KPP	19	-5	**A**
58	59	1	1	A	KPP	-19	-5	**A**
10	60	1	1	A	KPP	-19	-5	**A**
51	61	1	1	A	drop	19	-5	**N**
47	62	1	1	A	drop	19	5	**N**
77	63	1	1	A	drop	-19	5	**A**
72	64	1	1	A	KPP	19	5	**A**
78	65	1	1	A	KPP	-19	5	**A**
73	66	1	1	A	drop	-19	-5	**N**
6	67	1	1	A	KPP	-19	5	**N**
55	68	1	1	A	drop	19	5	**N**
89	69	0	1	A	drop	0	0	**A**
37	70	1	1	A	drop	-19	5	**A**
75	71	1	1	A	drop	19	-5	**N**
68	72	1	1	A	KPP	19	-5	**A**
74	73	1	1	A	KPP	-19	-5	**N**
79	74	1	1	A	drop	19	5	**A**
84	75	0	1	A	KPP	0	0	**A**
16	76	1	1	A	KPP	19	5	**A**
45	77	1	1	A	drop	-19	5	**A**
54	78	1	1	A	KPP	-19	5	**A**
17	79	1	1	A	drop	-19	-5	**A**
50	80	1	1	A	KPP	-19	-5	**N**
42	81	1	1	A	KPP	-19	-5	**N**
76	82	1	1	A	KPP	19	-5	**A**
44	83	1	1	A	KPP	19	-5	**N**
52	84	1	1	A	KPP	19	-5	**A**
64	85	1	1	A	KPP	19	5	**A**
88	86	0	1	A	KPP	0	0	**A**
67	87	1	1	A	drop	19	-5	**N**
39	88	1	1	A	drop	19	5	**N**
57	89	1	1	A	drop	-19	-5	**A**

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
60	90	1	1	A	KPP	19	-5	**A**
63	1	1	1	B	drop	19	5	**N**
8	2	1	1	B	KPP	19	5	**A**
2	3	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
46	4	1	1	B	KPP	-19	5	**N**
65	5	1	1	B	drop	-19	-5	**A**
80	6	1	1	B	KPP	19	5	**A**
7	7	1	1	B	drop	19	5	**A**
20	8	1	1	B	KPP	19	-5	**N**
33	9	1	1	B	drop	-19	-5	**A**
56	10	1	1	B	KPP	19	5	**N**
29	11	1	1	B	drop	-19	5	**N**
3	12	1	1	B	drop	19	-5	**N**
9	13	1	1	B	drop	-19	-5	**A**
4	14	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
82	15	0	1	B	KPP	0	0	**A**
40	16	1	1	B	KPP	19	5	**N**
90	17	0	1	B	KPP	0	0	**A**
25	18	1	1	B	drop	-19	-5	**N**
15	19	1	1	B	drop	19	5	**A**
53	20	1	1	B	drop	-19	5	**A**
85	21	0	1	B	drop	0	0	**A**
31	22	1	1	B	drop	19	5	**N**
87	23	0	1	B	drop	0	0	**A**
41	24	1	1	B	drop	-19	-5	**A**
1	25	1	1	B	drop	-19	-5	**N**
34	26	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
30	27	1	1	B	KPP	-19	5	**N**
32	28	1	1	B	KPP	19	5	**N**
81	29	0	1	B	drop	0	0	**A**
23	30	1	1	B	drop	19	5	**N**
12	31	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
43	32	1	1	B	drop	19	-5	**N**
19	33	1	1	B	drop	19	-5	**N**
21	34	1	1	B	drop	-19	5	**A**
86	35	0	1	B	KPP	0	0	**A**
13	36	1	1	B	drop	-19	5	**A**
66	37	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
70	38	1	1	B	KPP	-19	5	**A**
22	39	1	1	B	KPP	-19	5	**N**
48	40	1	1	B	KPP	19	5	**A**
27	41	1	1	B	drop	19	-5	**N**
49	42	1	1	B	drop	-19	-5	**N**
36	43	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
26	44	1	1	B	KPP	-19	-5	**N**
24	45	1	1	B	KPP	19	5	**A**
71	46	1	1	B	drop	19	5	**N**

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
5	47	1	1	B	drop	-19	5	**N**
83	48	0	1	B	drop	0	0	**A**
14	49	1	1	B	KPP	-19	5	**A**
61	50	1	1	B	drop	-19	5	**N**
11	51	1	1	B	drop	19	-5	**A**
59	52	1	1	B	drop	19	-5	**A**
69	53	1	1	B	drop	-19	5	**N**
62	54	1	1	B	KPP	-19	5	**A**
38	55	1	1	B	KPP	-19	5	**A**
18	56	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
35	57	1	1	B	drop	19	-5	**N**
28	58	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
58	59	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
10	60	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
51	61	1	1	B	drop	19	-5	**N**
47	62	1	1	B	drop	19	5	**A**
77	63	1	1	B	drop	-19	5	**N**
72	64	1	1	B	KPP	19	5	**A**
78	65	1	1	B	KPP	-19	5	**N**
73	66	1	1	B	drop	-19	-5	**N**
6	67	1	1	B	KPP	-19	5	**N**
55	68	1	1	B	drop	19	5	**A**
89	69	0	1	B	drop	0	0	**A**
37	70	1	1	B	drop	-19	5	**A**
75	71	1	1	B	drop	19	-5	**N**
68	72	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
74	73	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
79	74	1	1	B	drop	19	5	**N**
84	75	0	1	B	KPP	0	0	**A**
16	76	1	1	B	KPP	19	5	**A**
45	77	1	1	B	drop	-19	5	**N**
54	78	1	1	B	KPP	-19	5	**A**
17	79	1	1	B	drop	-19	-5	**N**
50	80	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
42	81	1	1	B	KPP	-19	-5	**A**
76	82	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
44	83	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
52	84	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
64	85	1	1	B	KPP	19	5	**A**
88	86	0	1	B	KPP	0	0	**A**
67	87	1	1	B	drop	19	-5	**N**
39	88	1	1	B	drop	19	5	**A**
57	89	1	1	B	drop	-19	-5	**N**
60	90	1	1	B	KPP	19	-5	**A**
63	1	1	1	C	drop	19	5	**N**
8	2	1	1	C	KPP	19	5	**A**
2	3	1	1	C	KPP	-19	-5	**N**

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
46	4	1	1	C	KPP	-19	5	**N**
65	5	1	1	C	drop	-19	-5	**N**
80	6	1	1	C	KPP	19	5	**A**
7	7	1	1	C	drop	19	5	**N**
20	8	1	1	C	KPP	19	-5	**N**
33	9	1	1	C	drop	-19	-5	**A**
56	10	1	1	C	KPP	19	5	**A**
29	11	1	1	C	drop	-19	5	**N**
3	12	1	1	C	drop	19	-5	**N**
9	13	1	1	C	drop	-19	-5	**A**
4	14	1	1	C	KPP	19	-5	**A**
82	15	0	1	C	KPP	0	0	**A**
40	16	1	1	C	KPP	19	5	**N**
90	17	0	1	C	KPP	0	0	**A**
25	18	1	1	C	drop	-19	-5	**A**
15	19	1	1	C	drop	19	5	**N**
53	20	1	1	C	drop	-19	5	**A**
85	21	0	1	C	drop	0	0	**A**
31	22	1	1	C	drop	19	5	**A**
87	23	0	1	C	drop	0	0	**A**
41	24	1	1	C	drop	-19	-5	**N**
1	25	1	1	C	drop	-19	-5	**N**
34	26	1	1	C	KPP	-19	-5	**N**
30	27	1	1	C	KPP	-19	5	**N**
32	28	1	1	C	KPP	19	5	**A**
81	29	0	1	C	drop	0	0	**A**
23	30	1	1	C	drop	19	5	**N**
12	31	1	1	C	KPP	19	-5	**N**
43	32	1	1	C	drop	19	-5	**N**
19	33	1	1	C	drop	19	-5	**A**
21	34	1	1	C	drop	-19	5	**A**
86	35	0	1	C	KPP	0	0	**A**
13	36	1	1	C	drop	-19	5	**N**
66	37	1	1	C	KPP	-19	-5	**N**
70	38	1	1	C	KPP	-19	5	**A**
22	39	1	1	C	KPP	-19	5	**N**
48	40	1	1	C	KPP	19	5	**A**
27	41	1	1	C	drop	19	-5	**N**
49	42	1	1	C	drop	-19	-5	**N**
36	43	1	1	C	KPP	19	-5	**N**
26	44	1	1	C	KPP	-19	-5	**N**
24	45	1	1	C	KPP	19	5	**N**
71	46	1	1	C	drop	19	5	**A**
5	47	1	1	C	drop	-19	5	**A**
83	48	0	1	C	drop	0	0	**A**
14	49	1	1	C	KPP	-19	5	**N**
61	50	1	1	C	drop	-19	5	**N**

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
11	51	1	1	C	drop	19	-5	**A**
59	52	1	1	C	drop	19	-5	**N**
69	53	1	1	C	drop	-19	5	**N**
62	54	1	1	C	KPP	-19	5	**A**
38	55	1	1	C	KPP	-19	5	**A**
18	56	1	1	C	KPP	-19	-5	**A**
35	57	1	1	C	drop	19	-5	**N**
28	58	1	1	C	KPP	19	-5	**A**
58	59	1	1	C	KPP	-19	-5	**N**
10	60	1	1	C	KPP	-19	-5	**A**
51	61	1	1	C	drop	19	-5	**N**
47	62	1	1	C	drop	19	5	**A**
77	63	1	1	C	drop	-19	5	**A**
72	64	1	1	C	KPP	19	5	**A**
78	65	1	1	C	KPP	-19	5	**A**
73	66	1	1	C	drop	-19	-5	**N**
6	67	1	1	C	KPP	-19	5	**N**
55	68	1	1	C	drop	19	5	**A**
89	69	0	1	C	drop	0	0	**A**
37	70	1	1	C	drop	-19	5	**N**
75	71	1	1	C	drop	19	-5	**N**
68	72	1	1	C	KPP	19	-5	**A**
74	73	1	1	C	KPP	-19	-5	**A**
79	74	1	1	C	drop	19	5	**N**
84	75	0	1	C	KPP	0	0	**A**
16	76	1	1	C	KPP	19	5	**A**
45	77	1	1	C	drop	-19	5	**N**
54	78	1	1	C	KPP	-19	5	**A**
17	79	1	1	C	drop	-19	-5	**N**
50	80	1	1	C	KPP	-19	-5	**N**
42	81	1	1	C	KPP	-19	-5	**A**
76	82	1	1	C	KPP	19	-5	**A**
44	83	1	1	C	KPP	19	-5	**N**
52	84	1	1	C	KPP	19	-5	**N**
64	85	1	1	C	KPP	19	5	**A**
88	86	0	1	C	KPP	0	0	**A**
67	87	1	1	C	drop	19	-5	**A**
39	88	1	1	C	drop	19	5	**N**
57	89	1	1	C	drop	-19	-5	**N**
60	90	1	1	C	KPP	19	-5	**A**
63	1	1	1	D	drop	19	5	**A**
8	2	1	1	D	KPP	19	5	**A**
2	3	1	1	D	KPP	-19	-5	**N**
46	4	1	1	D	KPP	-19	5	**A**
65	5	1	1	D	drop	-19	-5	**A**
80	6	1	1	D	KPP	19	5	**N**
7	7	1	1	D	drop	19	5	**A**

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
20	8	1	1	D	KPP	19	-5	**N**
33	9	1	1	D	drop	-19	-5	**A**
56	10	1	1	D	KPP	19	5	**A**
29	11	1	1	D	drop	-19	5	**A**
3	12	1	1	D	drop	19	-5	**A**
9	13	1	1	D	drop	-19	-5	**A**
4	14	1	1	D	KPP	19	-5	**N**
82	15	0	1	D	KPP	0	0	**A**
40	16	1	1	D	KPP	19	5	**A**
90	17	0	1	D	KPP	0	0	**A**
25	18	1	1	D	drop	-19	-5	**A**
15	19	1	1	D	drop	19	5	**N**
53	20	1	1	D	drop	-19	5	**A**
85	21	0	1	D	drop	0	0	**A**
31	22	1	1	D	drop	19	5	**A**
87	23	0	1	D	drop	0	0	**A**
41	24	1	1	D	drop	-19	-5	**N**
1	25	1	1	D	drop	-19	-5	**A**
34	26	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
30	27	1	1	D	KPP	-19	5	**N**
32	28	1	1	D	KPP	19	5	**A**
81	29	0	1	D	drop	0	0	**A**
23	30	1	1	D	drop	19	5	**A**
12	31	1	1	D	KPP	19	-5	**A**
43	32	1	1	D	drop	19	-5	**A**
19	33	1	1	D	drop	19	-5	**A**
21	34	1	1	D	drop	-19	5	**N**
86	35	0	1	D	KPP	0	0	**A**
13	36	1	1	D	drop	-19	5	**A**
66	37	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
70	38	1	1	D	KPP	-19	5	**N**
22	39	1	1	D	KPP	-19	5	**A**
48	40	1	1	D	KPP	19	5	**A**
27	41	1	1	D	drop	19	-5	**N**
49	42	1	1	D	drop	-19	-5	**A**
36	43	1	1	D	KPP	19	-5	**A**
26	44	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
24	45	1	1	D	KPP	19	5	**A**
71	46	1	1	D	drop	19	5	**A**
5	47	1	1	D	drop	-19	5	**A**
83	48	0	1	D	drop	0	0	**A**
14	49	1	1	D	KPP	-19	5	**A**
61	50	1	1	D	drop	-19	5	**N**
11	51	1	1	D	drop	19	-5	**A**
59	52	1	1	D	drop	19	-5	**A**
69	53	1	1	D	drop	-19	5	**A**
62	54	1	1	D	KPP	-19	5	**A**

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
38	55	1	1	D	KPP	-19	5	**N**
18	56	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
35	57	1	1	D	drop	19	-5	**A**
28	58	1	1	D	KPP	19	-5	**A**
58	59	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
10	60	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
51	61	1	1	D	drop	19	-5	**N**
47	62	1	1	D	drop	19	5	**A**
77	63	1	1	D	drop	-19	5	**A**
72	64	1	1	D	KPP	19	5	**A**
78	65	1	1	D	KPP	-19	5	**A**
73	66	1	1	D	drop	-19	-5	**N**
6	67	1	1	D	KPP	-19	5	**A**
55	68	1	1	D	drop	19	5	**A**
89	69	0	1	D	drop	0	0	**A**
37	70	1	1	D	drop	-19	5	**A**
75	71	1	1	D	drop	19	-5	**N**
68	72	1	1	D	KPP	19	-5	**A**
74	73	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
79	74	1	1	D	drop	19	5	**A**
84	75	0	1	D	KPP	0	0	**A**
16	76	1	1	D	KPP	19	5	**A**
45	77	1	1	D	drop	-19	5	**A**
54	78	1	1	D	KPP	-19	5	**N**
17	79	1	1	D	drop	-19	-5	**A**
50	80	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
42	81	1	1	D	KPP	-19	-5	**A**
76	82	1	1	D	KPP	19	-5	**A**
44	83	1	1	D	KPP	19	-5	**N**
52	84	1	1	D	KPP	19	-5	**N**
64	85	1	1	D	KPP	19	5	**A**
88	86	0	1	D	KPP	0	0	**A**
67	87	1	1	D	drop	19	-5	**A**
39	88	1	1	D	drop	19	5	**A**
57	89	1	1	D	drop	-19	-5	**A**
60	90	1	1	D	KPP	19	-5	**A**
63	1	0	2	A	KPP	0	0	**A**
8	2	1	2	A	KPP	0	-5	**A**
2	3	1	2	A	KPP	19	0	**A**
46	4	0	2	A	drop	0	0	**N**
65	5	1	2	A	KPP	-19	0	**A**
80	6	1	2	A	drop	19	0	**N**
7	7	1	2	A	KPP	-19	0	**N**
20	8	1	2	A	drop	0	5	**A**
33	9	0	2	A	drop	0	0	**A**
56	10	0	2	A	KPP	0	0	**A**
29	11	1	2	A	drop	0	-5	**A**

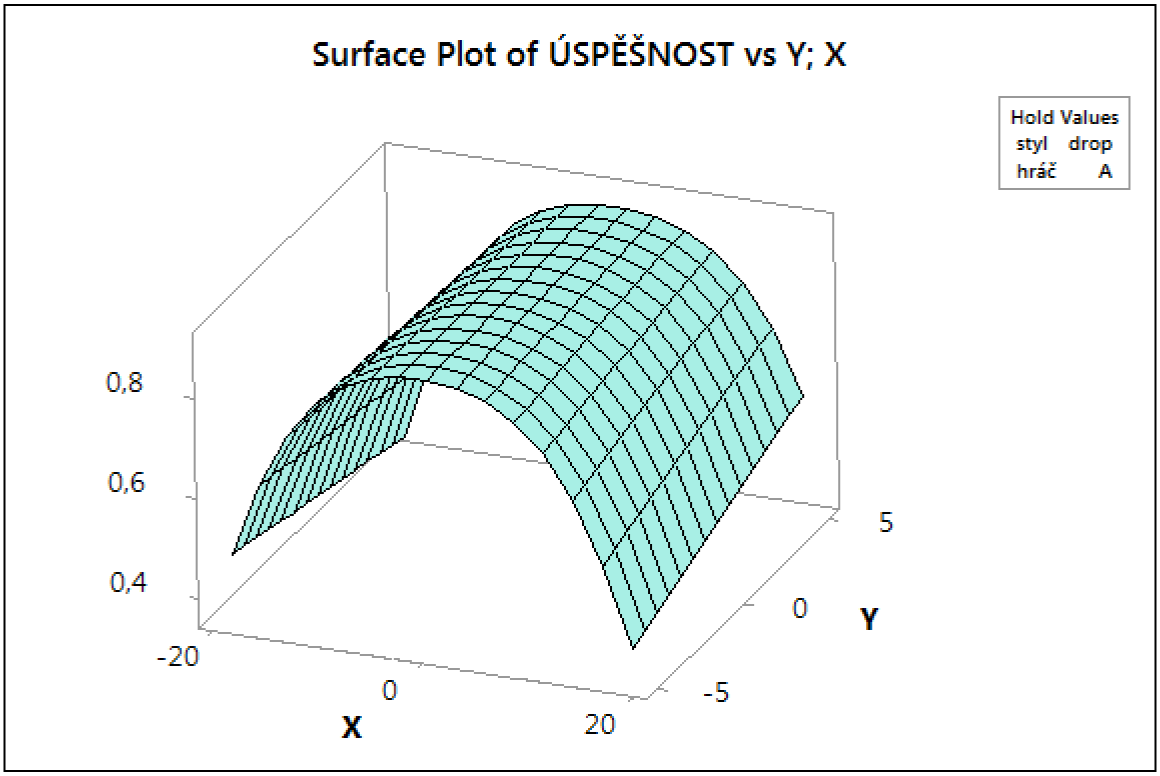
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
3	12	1	2	A	KPP	0	-5	**A**
9	13	1	2	A	drop	-19	0	**N**
4	14	0	2	A	KPP	0	0	**A**
82	15	1	2	A	KPP	19	0	**A**
40	16	1	2	A	KPP	0	5	**A**
90	17	1	2	A	drop	0	-5	**A**
25	18	1	2	A	drop	-19	0	**N**
15	19	1	2	A	KPP	-19	0	**A**
53	20	1	2	A	drop	19	0	**A**
85	21	1	2	A	drop	19	0	**A**
31	22	1	2	A	KPP	19	0	**N**
87	23	1	2	A	drop	0	5	**A**
41	24	1	2	A	KPP	0	5	**A**
1	25	1	2	A	drop	0	5	**A**
34	26	1	2	A	KPP	0	-5	**A**
30	27	0	2	A	KPP	0	0	**A**
32	28	1	2	A	drop	-19	0	**A**
81	29	1	2	A	drop	19	0	**A**
23	30	1	2	A	KPP	19	0	**A**
12	31	1	2	A	KPP	0	5	**A**
43	32	1	2	A	drop	0	-5	**A**
19	33	1	2	A	KPP	0	-5	**A**
21	34	1	2	A	KPP	-19	0	**A**
86	35	1	2	A	drop	0	5	**A**
13	36	0	2	A	drop	0	0	**A**
66	37	1	2	A	KPP	0	5	**A**
70	38	1	2	A	drop	0	-5	**A**
22	39	0	2	A	drop	0	0	**A**
48	40	1	2	A	drop	-19	0	**N**
27	41	1	2	A	KPP	-19	0	**N**
49	42	1	2	A	drop	19	0	**A**
36	43	1	2	A	KPP	19	0	**N**
26	44	1	2	A	drop	0	5	**A**
24	45	1	2	A	KPP	0	5	**A**
71	46	0	2	A	drop	0	0	**A**
5	47	1	2	A	drop	0	-5	**A**
83	48	1	2	A	KPP	0	-5	**A**
14	49	1	2	A	drop	-19	0	**A**
61	50	0	2	A	KPP	0	0	**A**
63	1	0	2	B	KPP	0	0	**A**
8	2	1	2	B	KPP	0	-5	**A**
2	3	1	2	B	KPP	19	0	**A**
46	4	0	2	B	drop	0	0	**N**
65	5	1	2	B	KPP	-19	0	**A**
80	6	1	2	B	drop	19	0	**N**
7	7	1	2	B	KPP	-19	0	**A**
20	8	1	2	B	drop	0	5	**N**

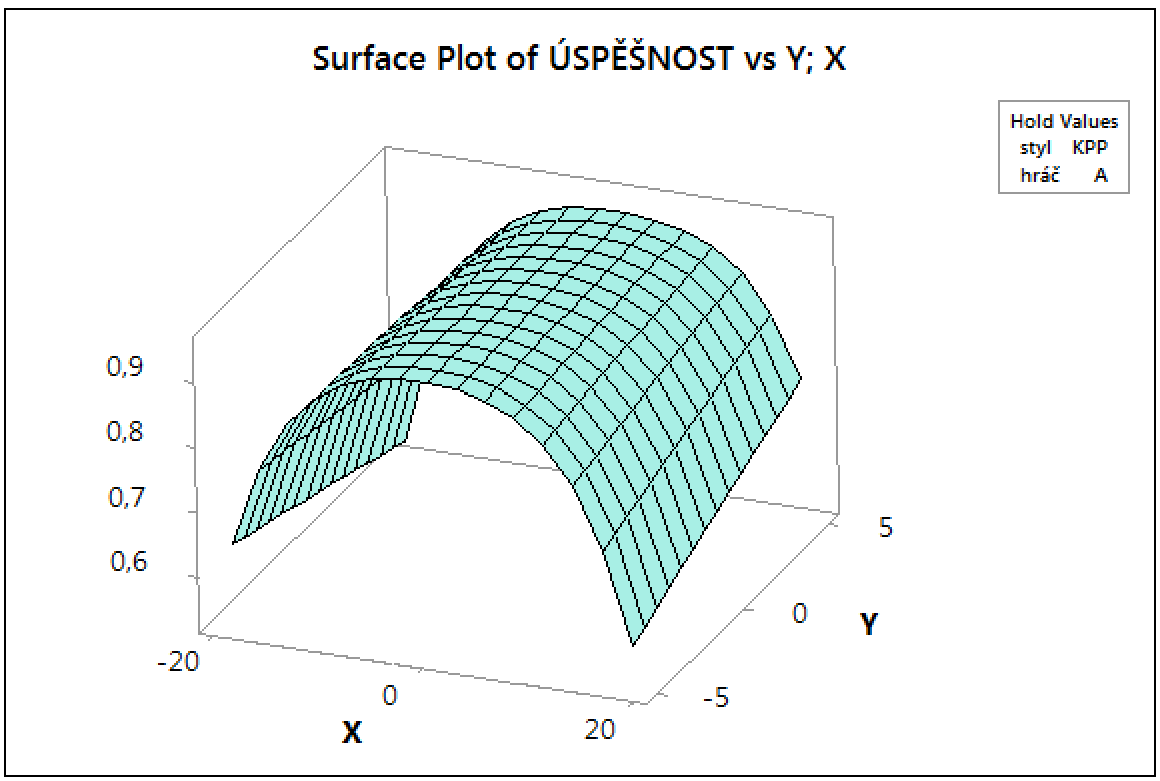
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
33	9	0	2	B	drop	0	0	**N**
56	10	0	2	B	KPP	0	0	**A**
29	11	1	2	B	drop	0	-5	**A**
3	12	1	2	B	KPP	0	-5	**A**
9	13	1	2	B	drop	-19	0	**N**
4	14	0	2	B	KPP	0	0	**A**
82	15	1	2	B	KPP	19	0	**A**
40	16	1	2	B	KPP	0	5	**A**
90	17	1	2	B	drop	0	-5	**A**
25	18	1	2	B	drop	-19	0	**N**
15	19	1	2	B	KPP	-19	0	**A**
53	20	1	2	B	drop	19	0	**N**
85	21	1	2	B	drop	19	0	**N**
31	22	1	2	B	KPP	19	0	**A**
87	23	1	2	B	drop	0	5	**N**
41	24	1	2	B	KPP	0	5	**N**
1	25	1	2	B	drop	0	5	**A**
34	26	1	2	B	KPP	0	-5	**A**
30	27	0	2	B	KPP	0	0	**A**
32	28	1	2	B	drop	-19	0	**N**
81	29	1	2	B	drop	19	0	**A**
23	30	1	2	B	KPP	19	0	**A**
12	31	1	2	B	KPP	0	5	**A**
43	32	1	2	B	drop	0	-5	**N**
19	33	1	2	B	KPP	0	-5	**A**
21	34	1	2	B	KPP	-19	0	**A**
86	35	1	2	B	drop	0	5	**N**
13	36	0	2	B	drop	0	0	**N**
66	37	1	2	B	KPP	0	5	**A**
70	38	1	2	B	drop	0	-5	**N**
22	39	0	2	B	drop	0	0	**A**
48	40	1	2	B	drop	-19	0	**A**
27	41	1	2	B	KPP	-19	0	**A**
49	42	1	2	B	drop	19	0	**N**
36	43	1	2	B	KPP	19	0	**A**
26	44	1	2	B	drop	0	5	**A**
24	45	1	2	B	KPP	0	5	**A**
71	46	0	2	B	drop	0	0	**N**
5	47	1	2	B	drop	0	-5	**A**
83	48	1	2	B	KPP	0	-5	**A**
14	49	1	2	B	drop	-19	0	**A**
61	50	0	2	B	KPP	0	0	**A**
63	1	0	2	C	KPP	0	0	**A**
8	2	1	2	C	KPP	0	-5	**A**
2	3	1	2	C	KPP	19	0	**A**
46	4	0	2	C	drop	0	0	**A**
65	5	1	2	C	KPP	-19	0	**N**

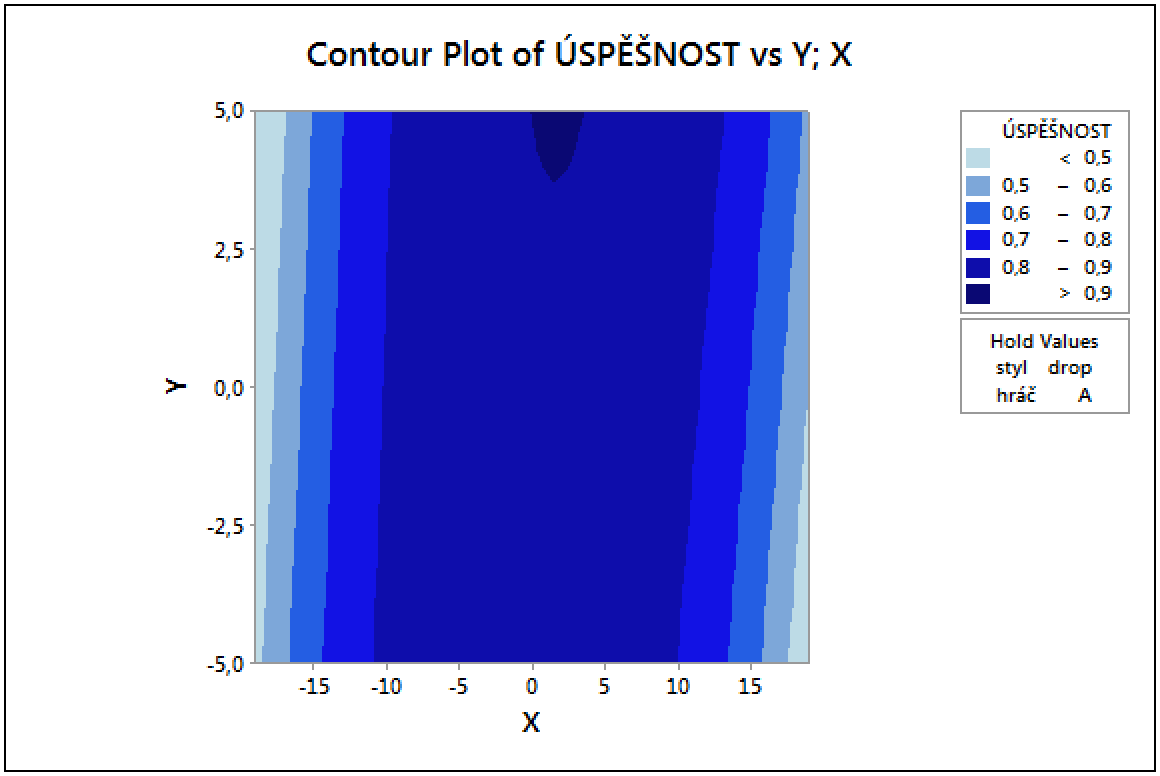
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
80	6	1	2	C	drop	19	0	**N**
7	7	1	2	C	KPP	-19	0	**A**
20	8	1	2	C	drop	0	5	**A**
33	9	0	2	C	drop	0	0	**A**
56	10	0	2	C	KPP	0	0	**A**
29	11	1	2	C	drop	0	-5	**A**
3	12	1	2	C	KPP	0	-5	**A**
9	13	1	2	C	drop	-19	0	**N**
4	14	0	2	C	KPP	0	0	**A**
82	15	1	2	C	KPP	19	0	**A**
40	16	1	2	C	KPP	0	5	**A**
90	17	1	2	C	drop	0	-5	**A**
25	18	1	2	C	drop	-19	0	**N**
15	19	1	2	C	KPP	-19	0	**A**
53	20	1	2	C	drop	19	0	**N**
85	21	1	2	C	drop	19	0	**A**
31	22	1	2	C	KPP	19	0	**A**
87	23	1	2	C	drop	0	5	**A**
41	24	1	2	C	KPP	0	5	**A**
1	25	1	2	C	drop	0	5	**N**
34	26	1	2	C	KPP	0	-5	**A**
30	27	0	2	C	KPP	0	0	**A**
32	28	1	2	C	drop	-19	0	**N**
81	29	1	2	C	drop	19	0	**N**
23	30	1	2	C	KPP	19	0	**A**
12	31	1	2	C	KPP	0	5	**A**
43	32	1	2	C	drop	0	-5	**A**
19	33	1	2	C	KPP	0	-5	**A**
21	34	1	2	C	KPP	-19	0	**A**
86	35	1	2	C	drop	0	5	**N**
13	36	0	2	C	drop	0	0	**A**
66	37	1	2	C	KPP	0	5	**A**
70	38	1	2	C	drop	0	-5	**A**
22	39	0	2	C	drop	0	0	**A**
48	40	1	2	C	drop	-19	0	**N**
27	41	1	2	C	KPP	-19	0	**N**
49	42	1	2	C	drop	19	0	**N**
36	43	1	2	C	KPP	19	0	**A**
26	44	1	2	C	drop	0	5	**A**
24	45	1	2	C	KPP	0	5	**A**
71	46	0	2	C	drop	0	0	**A**
5	47	1	2	C	drop	0	-5	**A**
83	48	1	2	C	KPP	0	-5	**A**
14	49	1	2	C	drop	-19	0	**N**
61	50	0	2	C	KPP	0	0	**A**
63	1	0	2	D	KPP	0	0	**A**
8	2	1	2	D	KPP	0	-5	**A**

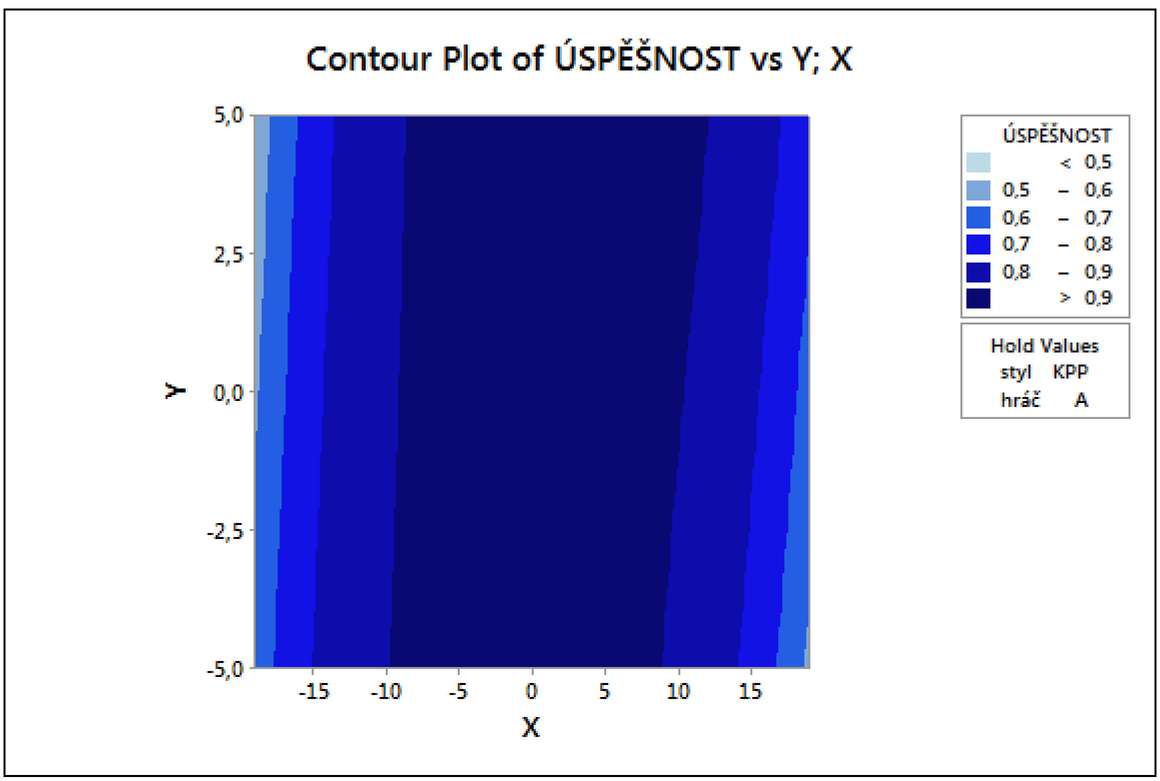
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	hráč	styl	X	Y	ÚSPĚŠNOST
2	3	1	2	D	KPP	19	0	**A**
46	4	0	2	D	drop	0	0	**A**
65	5	1	2	D	KPP	-19	0	**N**
80	6	1	2	D	drop	19	0	**N**
7	7	1	2	D	KPP	-19	0	**A**
20	8	1	2	D	drop	0	5	**A**
33	9	0	2	D	drop	0	0	**A**
56	10	0	2	D	KPP	0	0	**A**
29	11	1	2	D	drop	0	-5	**A**
3	12	1	2	D	KPP	0	-5	**A**
9	13	1	2	D	drop	-19	0	**N**
4	14	0	2	D	KPP	0	0	**A**
82	15	1	2	D	KPP	19	0	**A**
40	16	1	2	D	KPP	0	5	**A**
90	17	1	2	D	drop	0	-5	**A**
25	18	1	2	D	drop	-19	0	**A**
15	19	1	2	D	KPP	-19	0	**A**
53	20	1	2	D	drop	19	0	**A**
85	21	1	2	D	drop	19	0	**N**
31	22	1	2	D	KPP	19	0	**A**
87	23	1	2	D	drop	0	5	**A**
41	24	1	2	D	KPP	0	5	**A**
1	25	1	2	D	drop	0	5	**A**
34	26	1	2	D	KPP	0	-5	**A**
30	27	0	2	D	KPP	0	0	**A**
32	28	1	2	D	drop	-19	0	**N**
81	29	1	2	D	drop	19	0	**A**
23	30	1	2	D	KPP	19	0	**A**
12	31	1	2	D	KPP	0	5	**A**
43	32	1	2	D	drop	0	-5	**A**
19	33	1	2	D	KPP	0	-5	**A**
21	34	1	2	D	KPP	-19	0	**A**
86	35	1	2	D	drop	0	5	**A**
13	36	0	2	D	drop	0	0	**A**
66	37	1	2	D	KPP	0	5	**A**
70	38	1	2	D	drop	0	-5	**A**
22	39	0	2	D	drop	0	0	**A**
48	40	1	2	D	drop	-19	0	**N**
27	41	1	2	D	KPP	-19	0	**N**
49	42	1	2	D	drop	19	0	**N**
36	43	1	2	D	KPP	19	0	**A**
26	44	1	2	D	drop	0	5	**A**
24	45	1	2	D	KPP	0	5	**A**
71	46	0	2	D	drop	0	0	**A**
5	47	1	2	D	drop	0	-5	**A**
83	48	1	2	D	KPP	0	-5	**A**
14	49	1	2	D	drop	-19	0	**A**
61	50	0	2	D	KPP	0	0	**A**

Příloha B - Grafické výstupy pro hráče A

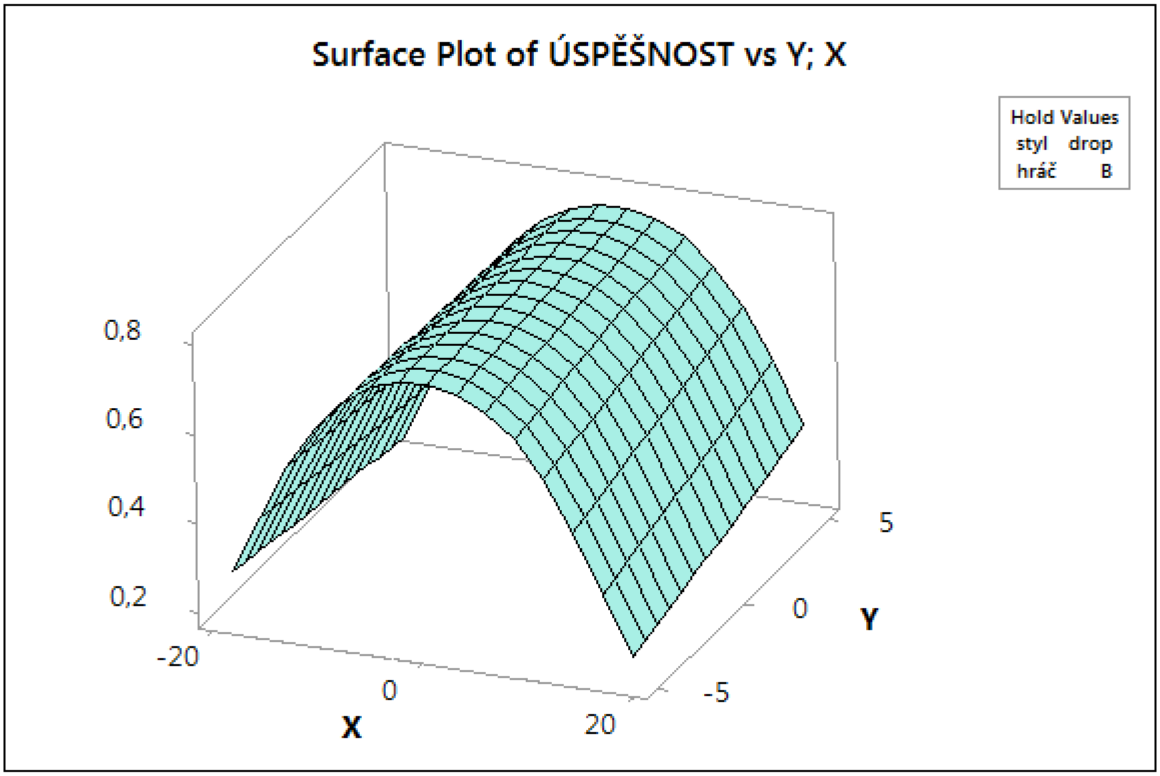


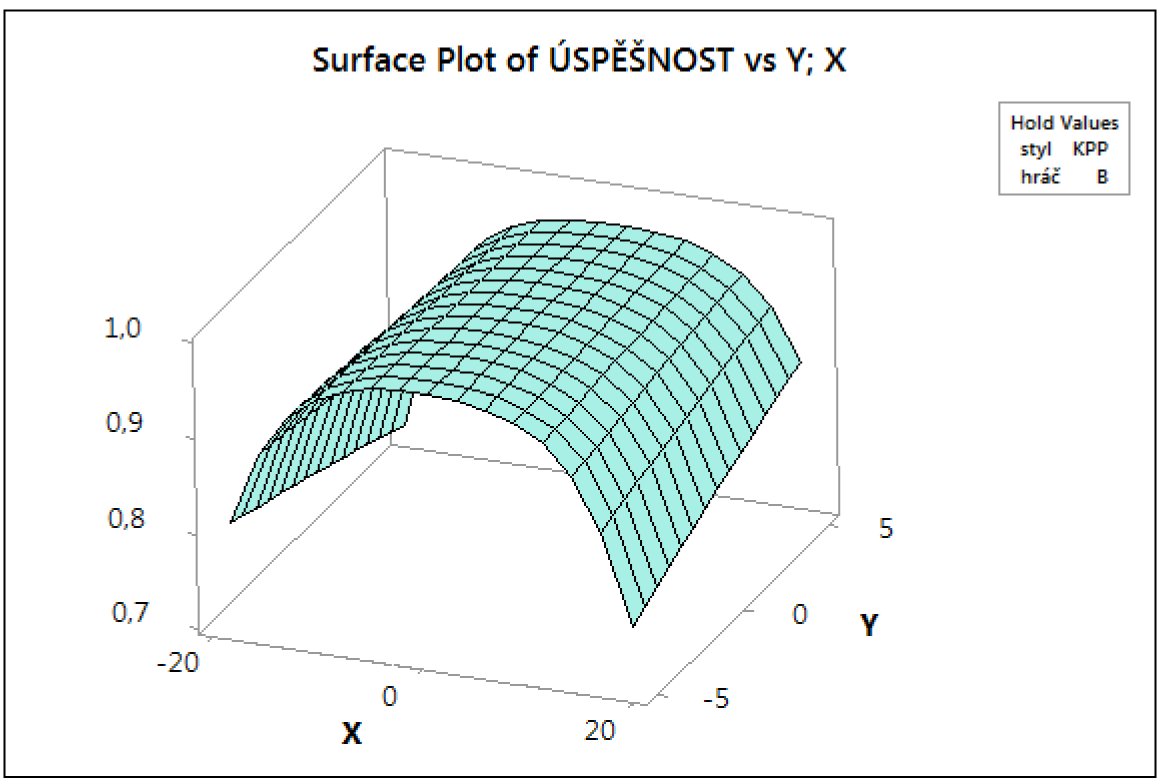


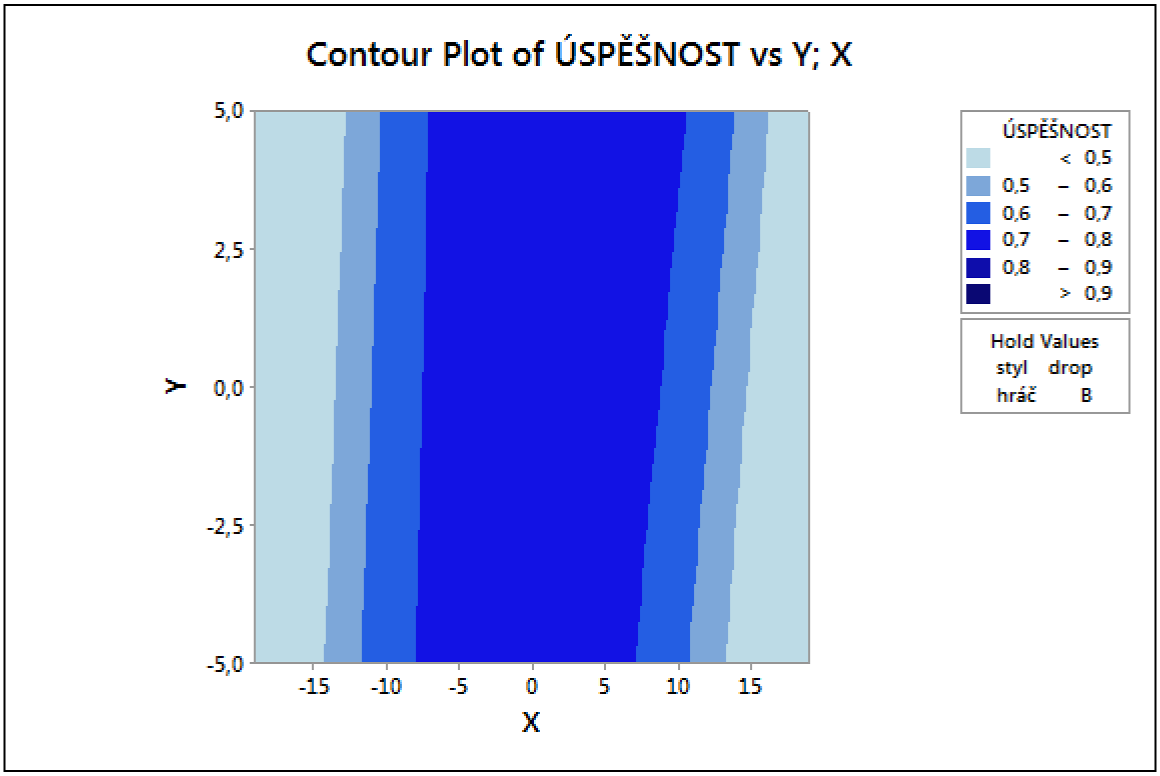

Contour Plot of ÚSPĚŠNOST vs Y; X
5,0
2,5
0,0
-2,5
-5,0
Y
-15
-10
-5
0
5
10
15
X
ÚSPĚŠNOST
< 0,5
0,5 – 0,6
0,6 – 0,7
0,7 – 0,8
0,8 – 0,9
> 0,9
Hold Values
styl drop
hráč A

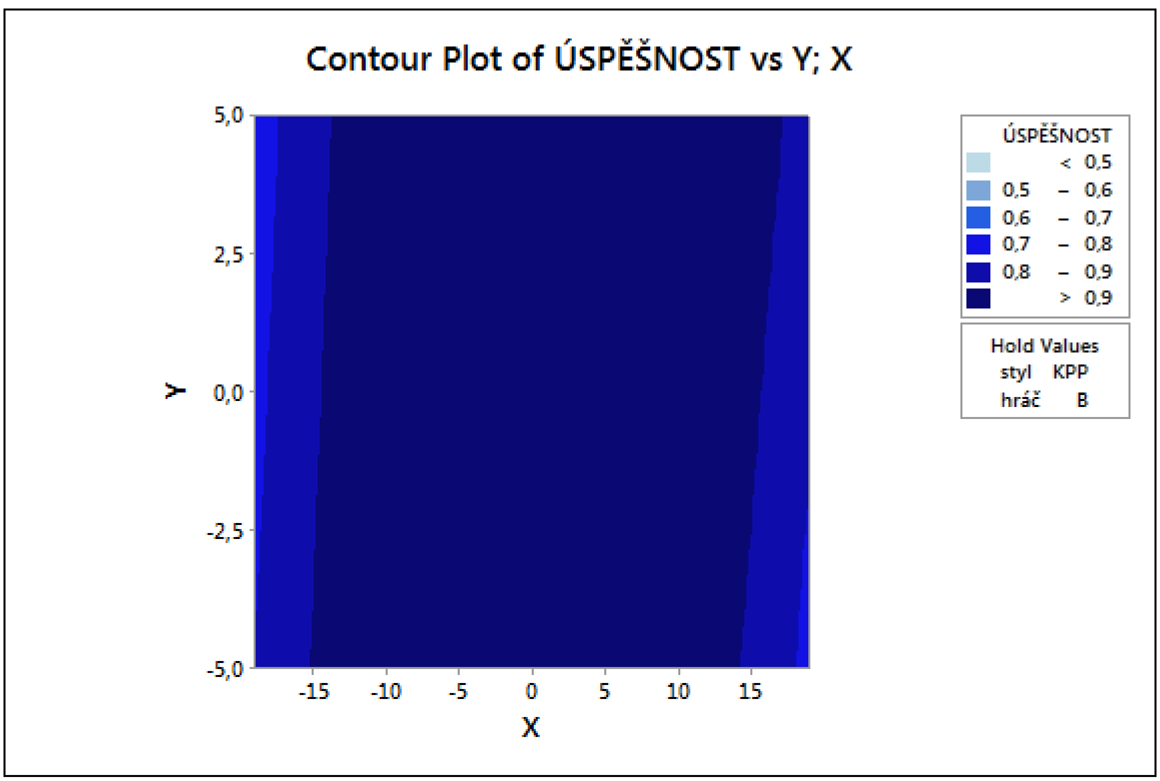

Contour Plot of ÚSPĚŠNOST vs Y; X
5,0
2,5
0,0
-2,5
-5,0
Y
-15
-10
-5
0
5
10
15
X
ÚSPĚŠNOST
< 0,5
0,5 – 0,6
0,6 – 0,7
0,7 – 0,8
0,8 – 0,9
> 0,9
Hold Values
styl KPP
hráč A

Příloha C - Grafické výstupy pro hráče B

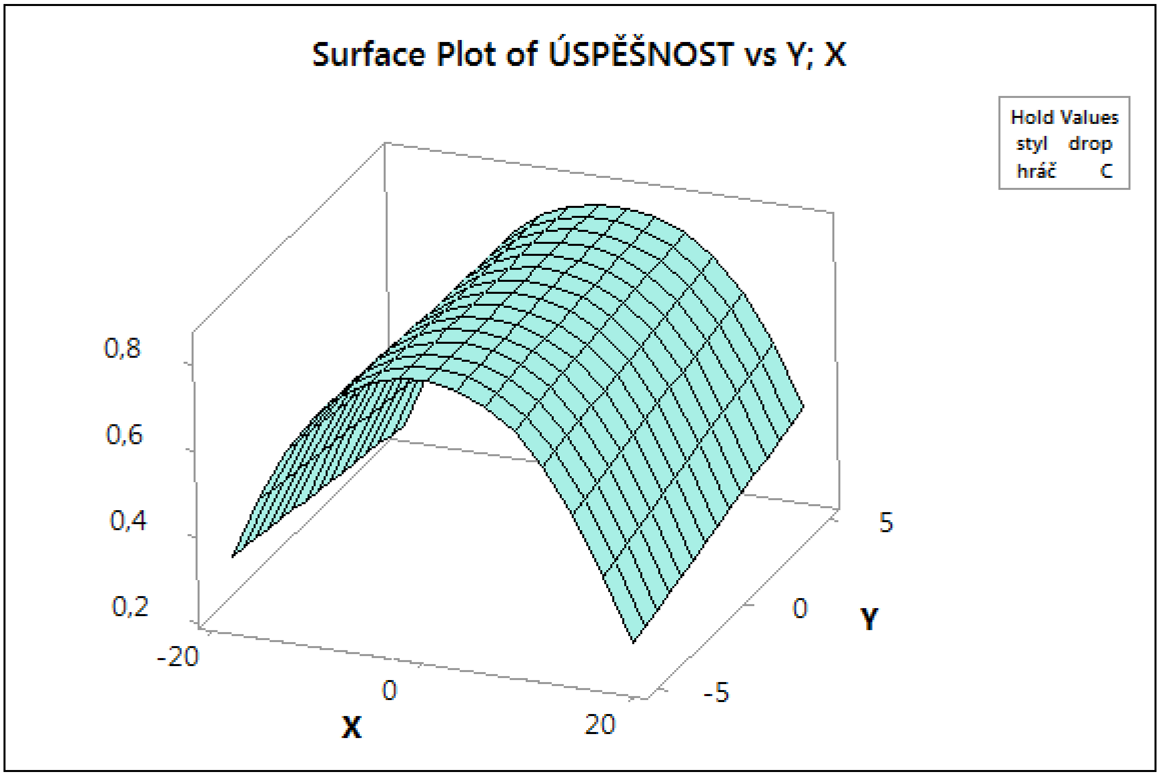


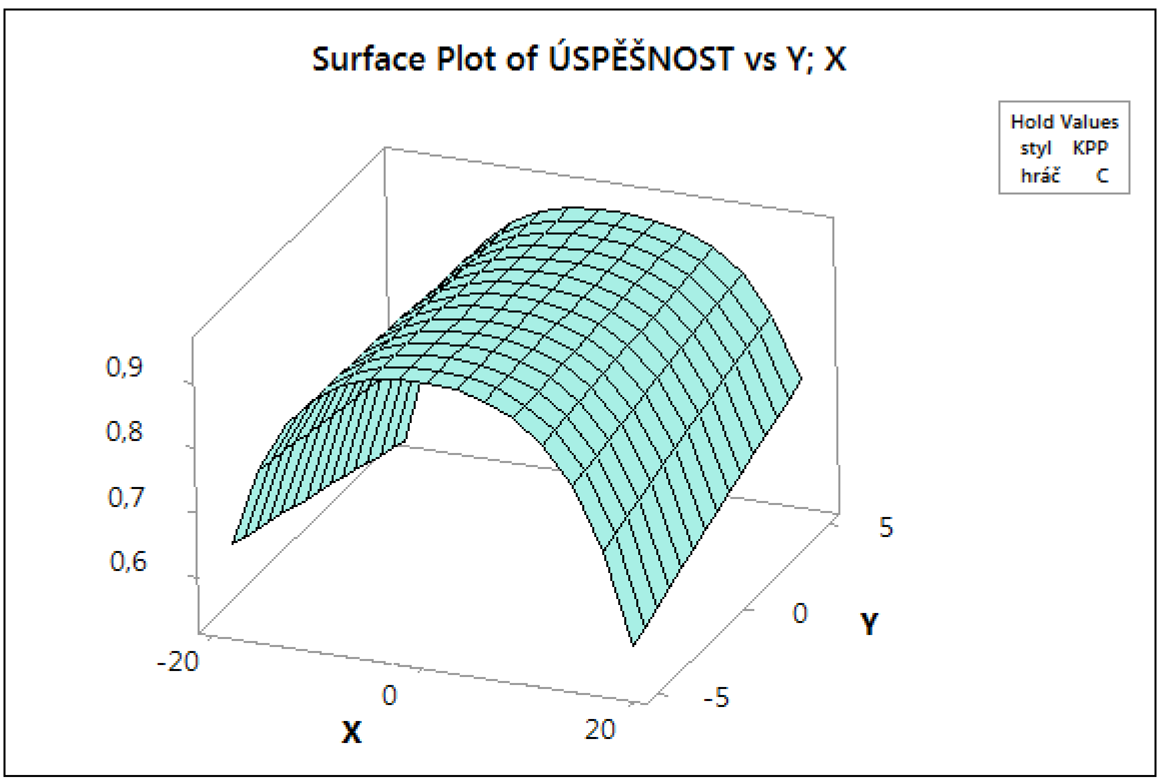


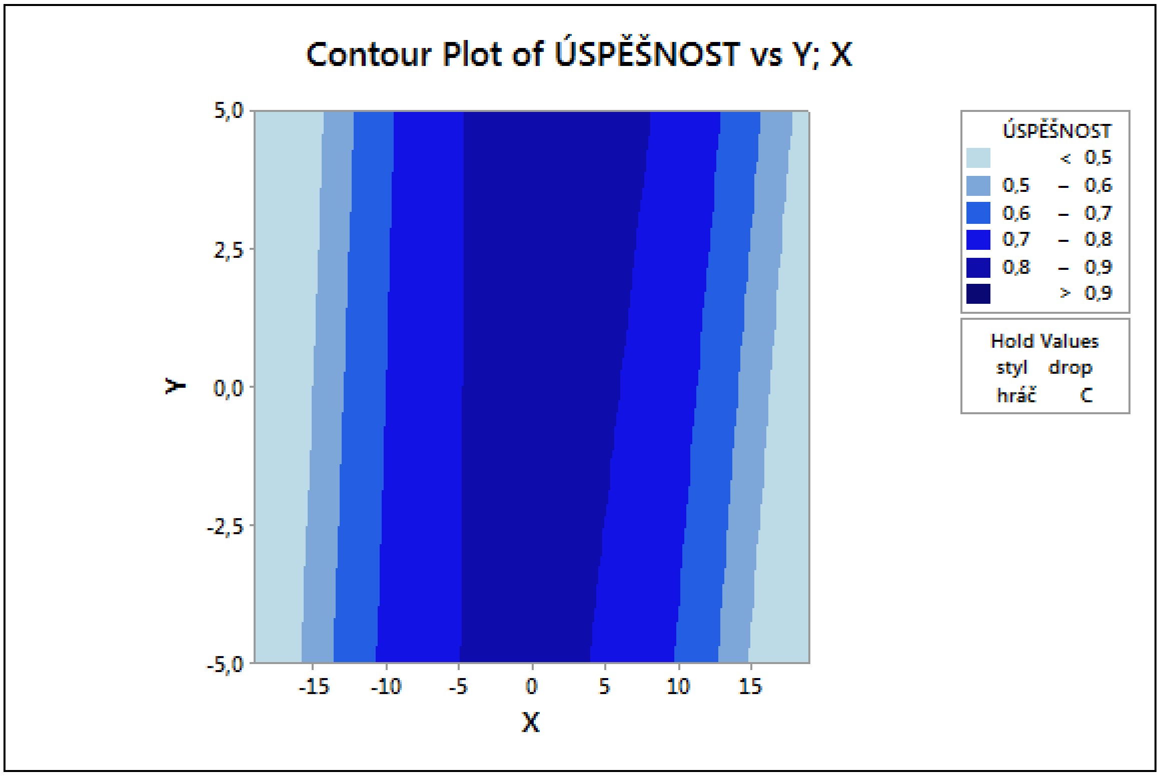

Contour Plot of ÚSPĚŠNOST vs Y; X
Y
X
ÚSPĚŠNOST
< 0,5
0,5 – 0,6
0,6 – 0,7
0,7 – 0,8
0,8 – 0,9
> 0,9
Hold Values
styl drop
hráč B

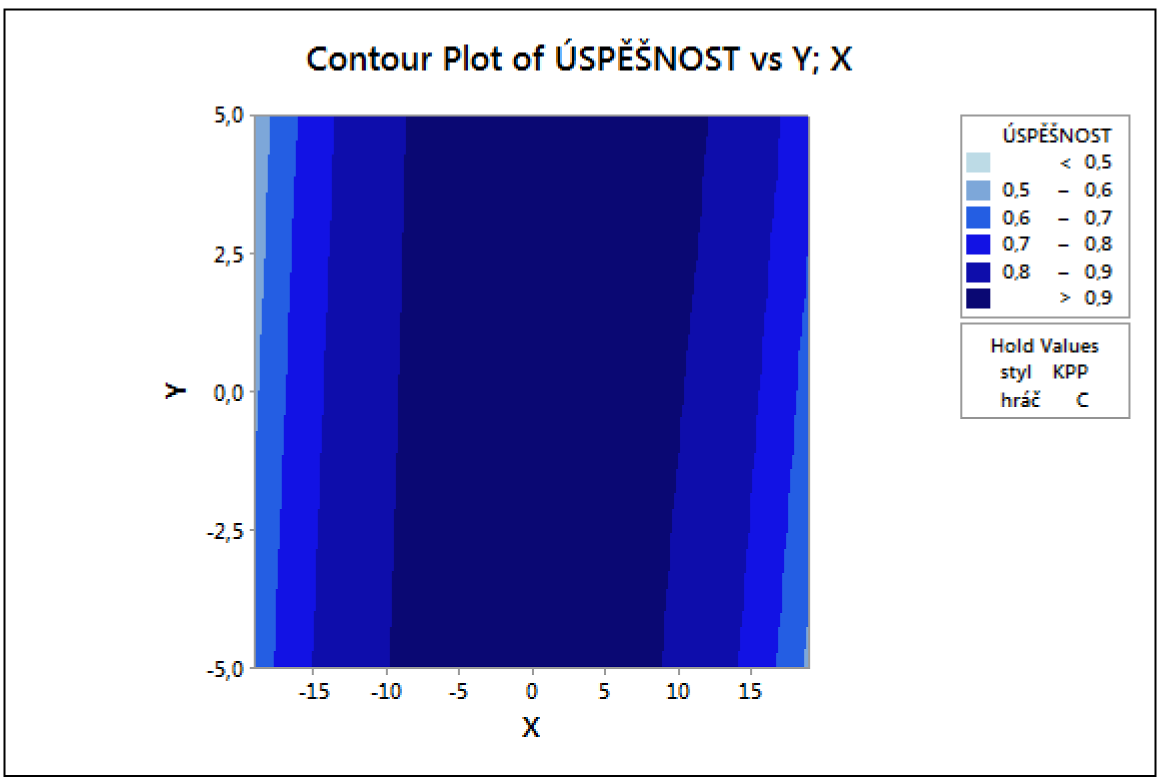

Contour Plot of ÚSPĚŠNOST vs Y; X
Y
X
ÚSPĚŠNOST
< 0,5
0,5 – 0,6
0,6 – 0,7
0,7 – 0,8
0,8 – 0,9
> 0,9
Hold Values
styl KPP
hráč B

Příloha D - Grafické výstupy pro hráče C

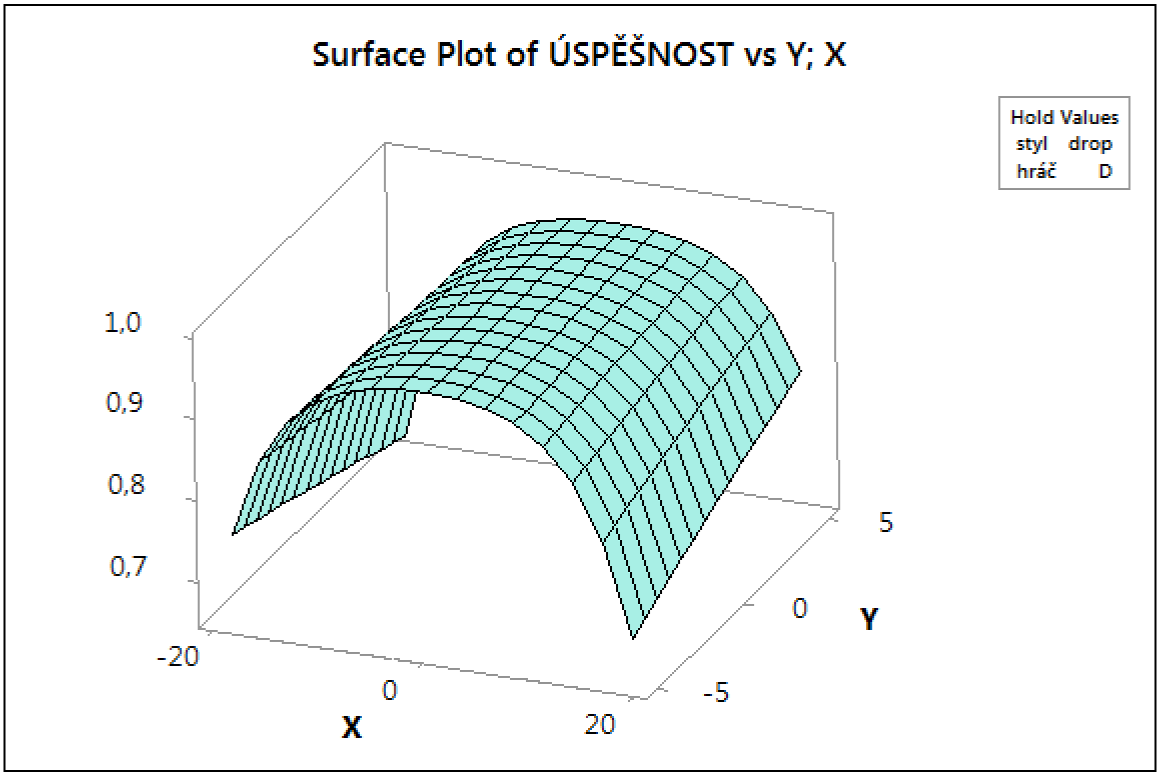


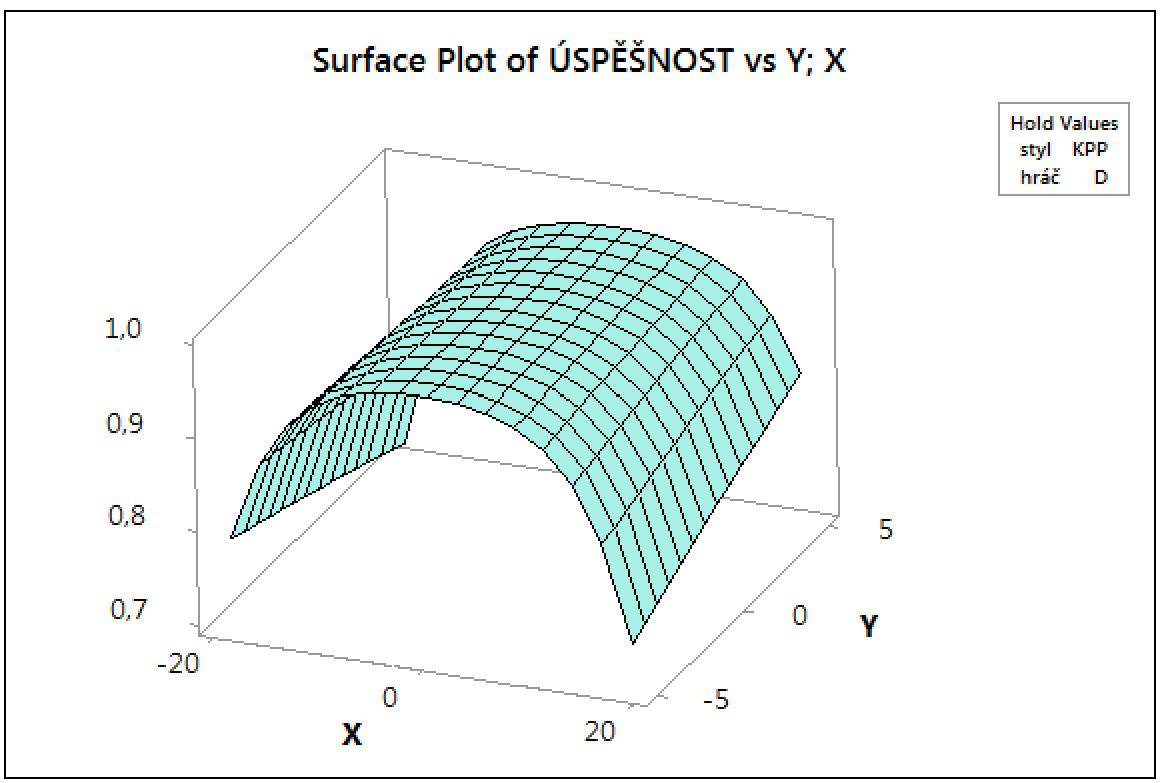


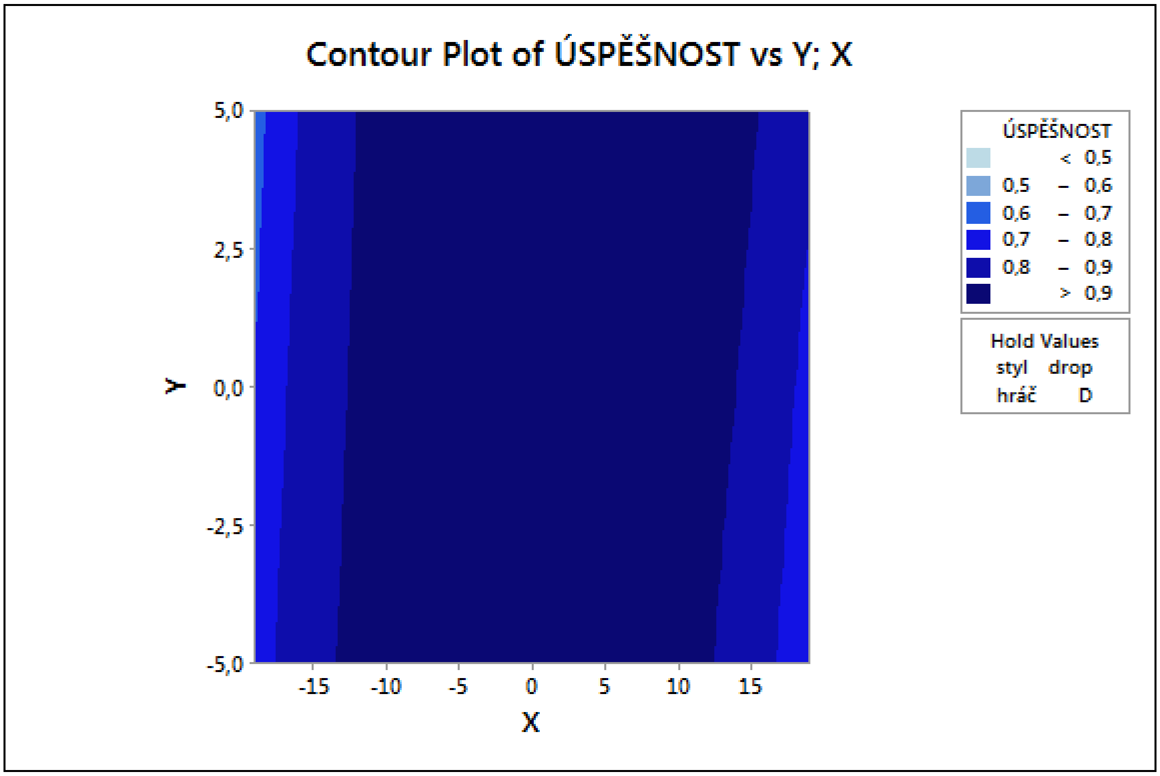

Contour Plot of ÚSPĚŠNOST vs Y; X
ÚSPĚŠNOST
< 0,5
0,5 – 0,6
0,6 – 0,7
0,7 – 0,8
0,8 – 0,9
> 0,9
Hold Values
styl drop
hráč C
Y
X
5,0
2,5
0,0
-2,5
-5,0
-15
-10
-5
0
5
10
15

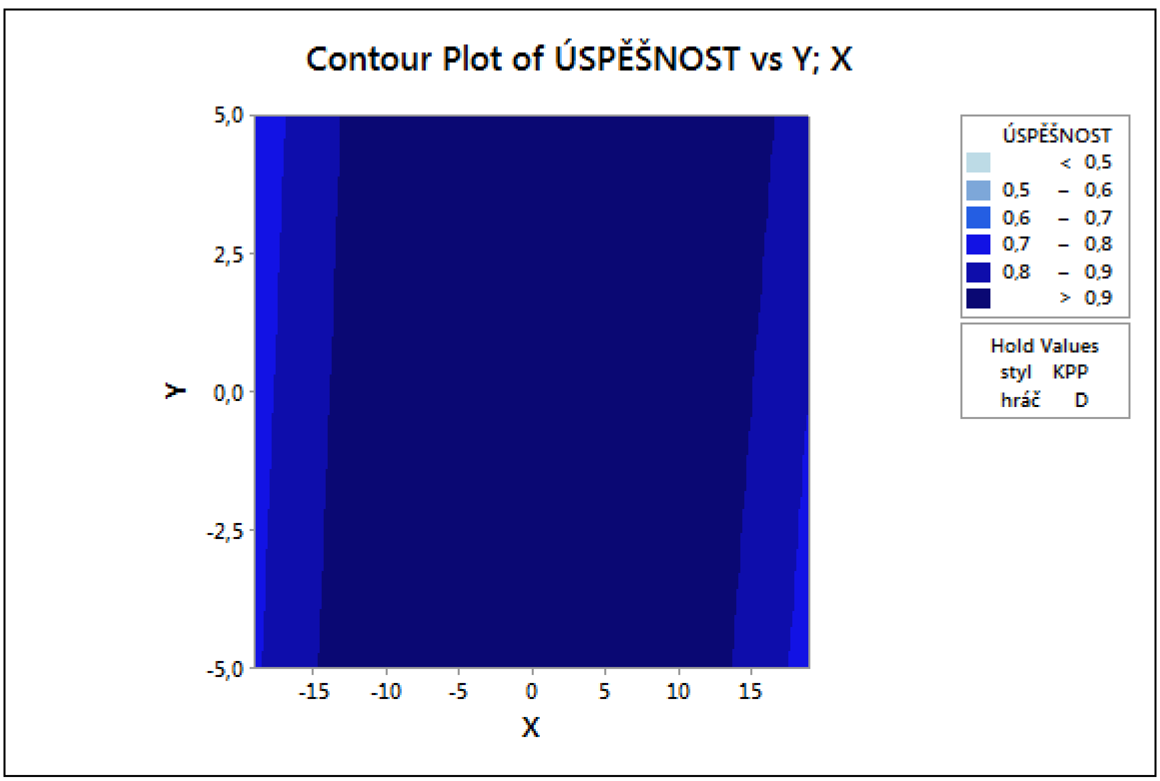

Contour Plot of ÚSPĚŠNOST vs Y; X
ÚSPĚŠNOST
< 0,5
0,5 – 0,6
0,6 – 0,7
0,7 – 0,8
0,8 – 0,9
> 0,9
Hold Values
styl KPP
hráč C
Y
X
5,0
2,5
0,0
-2,5
-5,0
-15
-10
-5
0
5
10
15

Příloha E - Grafické výstupy pro hráče D






Contour Plot of ÚSPĚŠNOST vs Y; X
ÚSPĚŠNOST
< 0,5
0,5 – 0,6
0,6 – 0,7
0,7 – 0,8
0,8 – 0,9
> 0,9
Hold Values
styl drop
hráč D
Y
5,0
2,5
0,0
-2,5
-5,0
X
-15
-10
-5
0
5
10
15


Contour Plot of ÚSPĚŠNOST vs Y; X
ÚSPĚŠNOST
< 0,5
0,5 – 0,6
0,6 – 0,7
0,7 – 0,8
0,8 – 0,9
> 0,9
Hold Values
styl KPP
hráč D
Y
5,0
2,5
0,0
-2,5
-5,0
X
-15
-10
-5
0
5
10
15